



## 저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

교육학석사 학위논문

소집단 모델링 수행에서의  
집단지성의 양상

The Aspects of Collective Intelligence  
in Small Group Modeling Process

2018년 2월

서울대학교 대학원  
과학교육과 지구과학전공  
하 윤 희

# 소집단 모델링 수행에서의 집단지성의 양상

The Aspects of Collective Intelligence  
in Small Group Modeling Process

지도교수 최 승 언

이 논문을 교육학석사 학위논문으로 제출함  
2018년 1월

서울대학교 대학원  
과학교육과 지구과학전공  
하 윤 희

하윤희의 석사 학위논문을 인준함  
2018년 1월

위 원 장 \_\_\_\_\_ 김찬중 (인)

부위원장 \_\_\_\_\_ 최승언 (인)

위 원 \_\_\_\_\_ 유준희 (인)

## 국문초록

과학교육의 관심은 과학 지식에 대해 배우는 것(Learning Science)에서 과학 하는 방법(Learning how to Science)을 배우는 것으로 이동해왔다. 과학자들이 지식을 생산해내는 과정은 개인 내부의 인지적과정이 아니라 사회적인 합의의 과정이라는 인식이 점차 증가하고 있다. 이에 따라 또래의 학생들과 상호 의견을 교환하고, 협력하는 사회적 맥락에서 이루어지는 과학 학습에 대한 요구 역시 증가하고 있다. 과학교육학계에서는 이러한 학습의 사회적 관점을 반영하여 ‘과학적 모델의 사회적 구성’이라는 수업 형태를 중심으로 다양한 연구가 이루어지고 있다. 소집단을 중심으로 한 모델링 수업이 구성원들이 서로 의견을 교환하고, 지혜를 결집하는 생산적인 학습 활동이 되도록 하기 위해 구체적인 논의가 필요한 상황이다. 이에 소집단 중심의 모델링 수업에서 학생들의 효과적인 상호작용을 촉진하고, 집단지성을 발휘하기 위해 필요한 조건을 탐색하고자 한다.

본 연구에서는 경기도 소재 고등학교의 1,2 학년 학생(N=23)을 대상으로, 기후변화 모델의 사회적 구성 수업을 진행하였다. 기후변화를 설명하는 모델을 구성하는 과정에서 일어나는 소집단 내의 상호작용에 중점을 두었으며, 상호작용의 질을 판단하기 위한 준거로 ‘집단지성’의 개념을 적용하였다. 소집단의 모델링 수행에서 나타나는 집단지성의 조건으로 다양성, 분산화, 독립성, 공동조절의 양상을 확인하였다. 각 소집단 사례에 대해 집단지성의 조건들을 확인하기 위해 소집단 구성원들 간의 언어적 상호작용을 분석하였고, 개인 모델과 소집단 합의 모델을 추론의 구조와 수준 측

면에서 분석하였다.

소집단을 중심으로 한 모델링 수업에서의 집단지성의 양상을 분석함으로써 다음과 같은 결과를 얻을 수 있었다. 첫째, 다양한 개인 모델의 존재는 소집단 토론을 통해 통합 모델을 구성하는데 사용할 수 있는 인지적 자원이 풍부함을 의미한다. 즉, 다양한 개인 모델은 합의 모델이 정교화 될 가능성을 증가시킨다. 둘째, 발화의 분산화는 개인 모델이 합의 모델로 통합되어 가는 과정에 긍정적인 영향을 미친다. 셋째, 구체적 반론은 개인 모델의 독립성을 침해하지 않으면서, 소집단 모델을 발달시키는데 기여한다. 넷째, 절차계획과 같은 메타인지는 제한된 시간에 이루어지는 소집단 모델링 과정을 효과적으로 이루어지도록 돕는다. 다섯째, 학생의 평소 과학과 과학관련 활동에 대한 자신감이 상호작용에 영향을 미친다. 여섯째, 토의 중 교사의 적절한 개입은 상호작용에 긍정적인 역할을 한다.

본 연구의 결과에 따르면 집단지성의 조건이 잘 발휘된 소집단은 단순한 개인들의 합 이상의 합의 모델을 구성하는 등 소집단 중심의 모델링 수업에서 집단지성의 중요성을 확인할 수 있었다. 과학적 모델의 사회적 구성 수업과 같이 의사소통과 협력이 중요한 소집단 수업을 계획하고 실행할 때, 교사가 집단지성의 원리를 고려한다면 학생들의 원활한 상호작용을 촉진시켜 더 많은 교육적 성과를 얻을 수 있을 것이다.

**주요어 :** 집단지성, 과학적 모델, 과학적 모델의 사회적 구성, 소집단 모델링, 소집단 상호작용

**학 번 :** 2016-21609

# 목 차

제 1 장 서 론 .....	1
제 1 절 연구의 필요성 및 목적 .....	1
제 2 절 연구문제 .....	3
제 2 장 이론적 배경 .....	4
제 1 절 과학적 모델 .....	4
제 2 절 모델링과 과학적 모델의 사회적 구성 .....	7
제 3 절 집단지성 .....	11
제 3 장 연구방법 .....	13
제 1 절 연구 과정 .....	13
제 2 절 연구 참여자 .....	14
제 3 절 수업모듈 .....	15
제 4 절 자료수집 및 분석방법 .....	18
1. 자료수집 .....	18
2. 분석방법 .....	18
가. 개인모델 분석방법 .....	21
나. 소집단 모델링 과정 분석방법 .....	22
다. 합의 모델 분석 방법 .....	24
라. 인터뷰 분석 방법 .....	27
제 4 장 연구결과 .....	29
제 1 절 집단지성의 양상 .....	29
1. 소집단의 구성 .....	29

2. 소집단별 사례 .....	30
3. 소집단별 집단지성의 양상 요약 .....	73
제 2 절 집단지성에 영향을 미치는 요인 .....	75
 제 5 장 결론 및 제언 .....	 82
제 1 절 결론 .....	82
제 2 절 제언 .....	85
 참고문헌 .....	 86
 부록 .....	 93
부록1. 모델링 활동지 .....	93
부록2. 기후변화 관련 참고 자료 .....	96
부록3. 수업에 활용된 자료 .....	106
 Abstract .....	 109

## 표 목 차

[표 1] 모델의 분류 .....	5
[표 2] 집단지성의 개념 .....	11
[표 3] 연구 과정 개요 .....	13
[표 4] 수업 개요 .....	15
[표 5] 모델링 활동에 주어진 자료 .....	17
[표 6] 소집단 모델링 수행과 집단지성의 조건 .....	19
[표 7] 개인 모델 분석 예시 .....	21
[표 8] 상호작용의 범주와 코드 .....	23
[표 9] 지구 기후변화 보고서의 평가기준 .....	25
[표 10] 소집단의 구성 .....	29
[표 11] 소집단 A의 개인 모델 분석 결과 .....	30
[표 12] 소집단 A의 학생별 발화 횟수 .....	32
[표 13] 소집단 B의 개인 모델 분석 결과 .....	40
[표 14] 소집단 B의 학생별 발화 횟수 .....	42
[표 15] 소집단 C의 개인 모델 분석 결과 .....	53
[표 16] 소집단 C의 학생별 발화 횟수 .....	55
[표 17] 소집단 D의 개인 모델 분석 결과 .....	64
[표 18] 소집단 D의 학생별 발화 횟수 .....	66
[표 19] 소집단별 집단지성의 양상 요약 .....	74
[표 20] 소집단 A의 학생별 발화 점유율 .....	75
[표 21] 소집단 B의 학생별 발화 점유율 .....	76



## 그 립 목 차

[그림 1] 실세계, 모델, 데이터, 예측의 관계 .....	6
[그림 2] 수정된 모델과 모델링 도식 .....	8
[그림 3] GEM cycle .....	9
[그림 4] GEM cycle에 기반한 수업 단계 .....	9
[그림 5] GEM cycle과 집단지성의 조건의 관련성 .....	20
[그림 6] 논증 구조와 평가 기준의 구조 .....	26
[그림 7] 지구기후변화 교육과정 목표 모델 .....	28
[그림 8] 소집단 A 학생별 발화점유율 .....	32
[그림 9] 소집단 A의 상호작용 구조 .....	33
[그림 10] 소집단 A의 토의 장면 .....	34
[그림 11] 소집단 A의 전체 발화 코딩 결과 .....	36
[그림 12] 소집단 A의 합의 모델 .....	37
[그림 13] 소집단 A의 합의 모델의 추론구조와 수준 .....	38
[그림 14] 소집단 B 학생별 발화점유율 .....	42
[그림 15] 소집단 B의 상호작용 구조 .....	43
[그림 16] 소집단 B의 토의 장면 .....	43
[그림 17] 모델의 정교화 과정(소집단B) .....	45
[그림 18] 소집단 B의 전체 발화 코딩 결과 .....	47
[그림 19] 공동조절 발화 코딩 결과(소집단B) .....	49
[그림 20] 소집단 B의 합의 모델 .....	50
[그림 21] 소집단 B의 합의 모델의 추론구조와 수준 .....	51
[그림 22] 소집단 C의 학생별 발화점유율 .....	55
[그림 23] 소집단 C의 상호작용 구조 .....	56
[그림 24] 소집단 C의 토의 장면 .....	56

[그림 25] 소집단 C의 전체 발화 코딩 결과 .....	58
[그림 26] 공동조절 발화 코딩 결과(소집단C) .....	59
[그림 27] 소집단 C의 합의 모델 .....	61
[그림 28] 소집단 C의 합의 모델의 추론구조와 수준 .....	62
[그림 29] 소집단 D의 학생별 발화점유율 .....	66
[그림 30] 소집단 D의 상호작용 구조 .....	67
[그림 31] 소집단 D의 전체 발화 코딩 결과 .....	69
[그림 32] 소집단 D의 합의 모델 .....	70
[그림 33] 소집단 D의 합의 모델의 추론구조와 수준 .....	71
[그림 34] 교사의 개입 전, 후 학생별 발화 횟수 .....	80

# 제 1 장 서론

## 제 1 절 연구의 필요성 및 목적

과학교육을 통해 과학 전문가를 양성하여 국가의 발전과 경제적 풍요를 이루어 내려던 지난 반 세기 이상의 과학교육은 그 목적에 맞게, 과학자들이 우수한 연구를 통해 축적해온 일련의 과학 지식을 습득하는 데에 관심을 가져왔다. 하지만, 최근에 와서 과학교육의 목표는 점차 모든 이들을 위한 과학교육 즉, 과학적 소양을 갖춘 시민의 교육(National Research Council[NRC], 1996)으로 변화해왔다. 과학을 배우는 모든 이들이 과학적 소양을 함양하여, 실생활에서 합리적인 의사결정을 내릴 수 있도록 하는 것이 과학교육의 중요한 한 가지 목표가 된 것이다. 과학적 소양은 과학자의 논리적인 사고방식과 그러한 사고과정을 통해 나온 지식과 같은 과학의 형식을 통해 정의될 수 있다. 이처럼 과학적 소양을 위해서 과학의 형식은 과학을 배우는 출발점이 아니라 도달해야 할 이상임에도 과학교육에서는 과학 지식을 단순화한 것을 가르쳐왔고, 그 결과 과학은 의미 있는 경험과 유리되어왔다(Dewey, 1916). 즉, 역사적으로 과학 교육은 연결되지 않은 독립적인 사실의 집합으로 가르쳐져 왔으며(NGSS, 2013), 이와 같은 과학 교육이 직면한 수수께끼에서 벗어나는 한 가지 방법은 현재의 교육 조건 안에서 가능한 한 과학적 실험 그 자체와 비슷하고, 그것에 더욱 정통하게 만드는 것이다(Gilbert, 2004). 이러한 인식의 결과, 과학교육의 목표(Hodson, 1992) 중 과학 지식을 배우는 것(Learning Science)에서, 과학을 하는 방법(Learning about how to Science)을 배우는 것으로 관심사가 이동해왔다. 과학을 하는 방법을 안다는 것은 과학의 본성에 대한 이해를 포함하며, 과학의 본성은 과학자들의 커뮤니티에서 일어나는 상호작용과 그 안에서의 권력관계와 같은 사회적 속성을 내포한다(Radinsky, Oliva, & Alamar, 2010). 이처럼 과학 지식이 일종의 “사회적으로 구성된 것”이라는 인식은 거의 당연한 것으

로 받아들여지고 있다(Giere, 2006). 또한 시간이 흐르면서 과학은 절대적인 진리이고, 완전한 것이라는 고전적인 관점을 넘어 과학이 가지는 상대성, 불완전성을 인정하는 방향으로 과학의 본성에 대한 인식 또한 변화하였다. 이러한 변화의 흐름에 따라 과학적 소양을 함양하고, 과학의 본성에 대한 이해를 높이기 위한 방법으로 ‘과학적 모델의 사회적 구성’이라는 수업 모형에 관한 연구들이 등장하였다.

Dewey(1983)에 의하면 “학습자의 진정한 목적은 사회적 지성의 과정, 즉 사회 구성원 간에 서로 의견을 교환하고 지혜를 결집하는 과정을 통하여 결정되고 발전”된다(홍남기, 2013, 재인용). ‘사회적 지성’은 구성원 간의 의견 교환과 지혜를 결집한다는 의미에서 ‘집단 지성’과 유사한 개념이라고 할 수 있다. ‘과학적 모델의 사회적 구성’과 같은 사회적 실행과 소집단의 협력을 강조하는 수업에서도 이러한 ‘사회적 지성’의 과정과 학생들의 ‘집단지성’이 중요하게 작용한다. 즉, 교육의 목적을 달성하기 위해서도 ‘과학적 모델의 사회적 구성’과 같은 사회적 맥락을 강조한 수업은 점차 필연적이며, 수업이 성공적으로 이루어지기 위해서는 소집단의 ‘집단지성’의 중요성을 인식해야 한다.

‘과학적 모형의 사회적 구성’ 수업은 소집단을 중심으로 한 탐구수업으로, 다른 수업 형태에 비해 또래 학생들 간의 상호작용이 중요한 부분을 차지한다. 하지만 담화를 통해 소집단의 상호작용을 탐색한 선행 연구들에 따르면, 또래들과 그룹 활동을 하는 데서 학생의 사회적이고 경영적인 역할이 항상 생산적인 것은 아니라는 것(Hogan, 1999)을 알 수 있다. 구성원들이 서로 의견을 교환하고, 지혜를 결집하는 생산적인 소집단 중심의 수업을 위해, 과학 수업에서 소집단의 상호작용을 탐색하는 국내의 연구들도 점차 증가하는 상황이다. 하지만, 소집단의 상호작용의 질을 평가하고, 상호작용의 질을 결정하는 요인에 대해 구체적으로 논의한 국내의 연구는 극히 드문 실정이다. 그리하여 본 연구에서는 ‘집단지성’의 관점에서 소집단 상호작용을 질적으로 분석하여, 보다 교육적 목적에 부합하는 소집단 모델링 수업을 위한 함의를 얻고자 한다.

## 제 2 절 연구 문제

본 연구에서는 각 소집단의 상호작용에서 나타나는 집단지성의 양상을 질적으로 분석하고, 집단지성에 영향을 미치는 요인들을 탐색함으로써 보다 더 교육적인 과학적 모델의 사회적 구성 수업을 위한 구체적인 함의를 도출하고자 한다.

### > 연구문제

1. 소집단의 모델링 수행에서 집단지성은 어떠한 양상을 보이는가?
2. 소집단의 모델링 수행에서 집단지성에 영향을 미치는 요인은 무엇인가?

## 제 2 장 이론적 배경

### 제 1 절 과학적 모델

Craik(1967)는 모델(Model)을 인간의 예측능력과 가상적 상황을 정신적으로 고려할 수 있는 능력을 고려할 때 구조적, 행동적 또는 실제 세계 현상에 기능적인 유사체(analogues)로 볼 수 있다고 주장했다. Johnson-Laird(1983)는 정신 모형을 실제 세계의 구조적 유사체 또는 설명을 제공하는 데 유용한 상상의 독립체(imaginary entity)로 보았다. 이는 심리학적 관점에서 모델을 정의한 것이다.

철학적 관점에서 모델은 구문론적(syntactic)관점과 의미론적(semantic)관점으로 논의 될 수 있다. 논리 실증주의자들의 관점에서 이론은 공리(axioms)의 집합으로 이루어진 구문론적 구조로 언어적 독립체라고 볼 수 있다(Hartmann, 2008; Knuuttila, 2005a; Gilbert, 2016). 의미론적 관점을 취하는 주요 학자들은 이론이 비언어적 실체이며, 모델로 정의된다고 주장한다 (Gilbert & Justi,2016). 이를 바탕으로 Gilbert & Justi(2016)는 철학과 심리학에서의 모델은 각각 ‘표상으로서의 모델(models as representations)’, ‘인식론적 인공물로서의 모델(models as epistemic artifacts)’ 로써 논의된다고 주장하였으며, 두 가지 중 후자가 더욱 교육적으로 가치가 있다는 입장이다. Gilbert(2003)는 우리 자신의 아이디어를 절대적인 감각으로부터 확립된 지식이기 보다 모델로서 생각할 때에 우리의 신념과 행동을 검사하는데 유연성을 획득하며, 그것은 좋은 과학에서 요구되는 비판적 사고의 전제 조건이라고 주장한다.

본 연구에서는 모델을 실제 세계와는 다르며 설명력과 예측력을 가지고, 다양한 모드로 표현 가능하고, 지식창출과 지적기능의 수행을 돕는 인공물로서의 모델의 관점(Gilber & Justi, 2016)을 취하고자 한다. 즉, 과학적 모델은 자연현상을 설명하기 위해 구성한 설명 체계이며, 모델을 만들고 이를 통해 사고하는 것은 과학에서 문제 해결과정의 중요한 역할

을 하고(Hestens, 2006), 과학지식의 생산과 전파, 수용에 있어서 필수적(Giere, 1988; Gilbert, 1991; Tomasi, 1988; Gilbert, 2004, 재인용)이라는 관점을 취할 것이다.

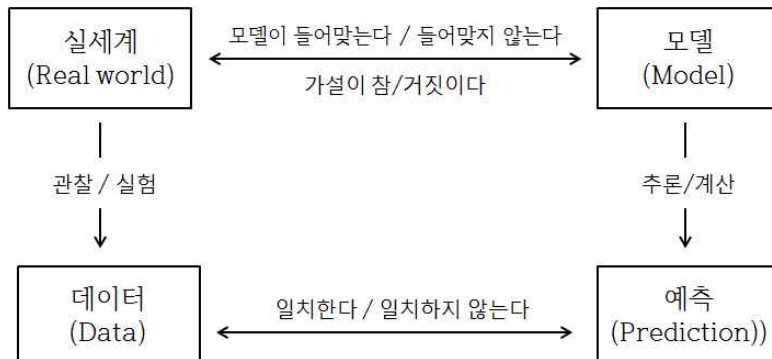
Gilbert(2003)에 따르면 과학적 모델은 구체모델(Concrete model)과 추상모델(Abstract Models)로 분류할 수 있다. 구체모델(Concrete Models)은 스케일모델(Scale Models), 기능적 구체 모델(Functional Concrete Models), 도해적 모델(Diagrammatic Models), 수학적 모델(Mathematical Models), 공식과 방정식(Formulas and Equations), 컴퓨터 모델(Computer Models)로 분류되며, 추상모델(Abstract Models)은 언어적-이론 모델(Verbal-Theoretical Models), 유사체, 유추 및 비유(Similes, analogies, and Metaphors)로 분류된다.

**표 1. 모델의 분류(Gilbert, 2003)**

	분류		내용
구체모델 (Concrete Models)	스케일 모델 (Scale Models)		실물 크기 또는 확대, 축소하여 대상의 형태상의 특징만을 나타내어 외형을 표현한 모델
	기능적 구체 모델 (Functional Concrete Models)		대상의 크기, 비율은 고려하지 않더라도 기능적 관계를 특징적으로 나타내는 모델
	도해적 모델 (Diagrammatic Models)		외형적 형태보다 변수들 간의 관계를 표현한 모델(표, 흐름도, 개념도, 등고선도 등)
	수학적 모델 (Mathematical Models)	공식과 방정식 (Formulas and Equations)	대상들의 양적 수치와 수학적 관계 그리고 공식과 함수 등을 숫자나 공식으로 표현하는 모델
		컴퓨터 모델 (Computer Models)	
추상모델 (Abstract Models)	언어적-이론 모델 (Verbal-Theoretical Models)		관찰한 것에 대한 설명을 구성하는 언어적 모형으로 자료에 근거를 둬 . 관찰한 것에 대한 인과적 설명을 제안 하는 추론적 모델

	유사체, 유추 및 비유 (Similes, analogies, and Metaphors)	모형과 대상을 연결함에 이어서 과학적 묘사와 발견에서 함축된 생각을 보다 구체화 하는데 중요한 역할을 하는 언어적 모델
--	--	---

Gilbert(2003)에 따르면 이론적 모델은 데이터에 기반한 아이디어로 구성되어 있다. 관찰하거나 추론한 무언가를 위한 설명과 인과적 연결을 제안하는 가설적 모델은 이론적 모델과 같이 추론이며, 우리는 종종 가설적 모델로부터 예측함으로써 그것을 테스트한다. Giere(2010)에 따르면 모델과 실세계를 직접적으로 비교하여 모델을 평가하기 어렵기 때문에 우리는 모델을 통해 나온 예측과 실세계를 관찰/실험함으로써 나온 데이터를 모델과 비교하여 그 모델의 가치를 평가하게 된다. 즉, 데이터와 예측이 일치한다면 모델은 실세계를 잘 표상하는 것이고, 데이터와 예측이 일치하지 않는다면 실세계와 모델이 들어맞지 않는다고 볼 수 있다.



**그림 1.** 실세계, 모델, 데이터, 예측의 관계(Giere, 2006)

본 연구에서 학생들은 일종의 언어적-이론모델로서 가설적 모델을 구성하게 된다. 다양한 자료와 사전지식을 활용하여 ‘지구기후변화’에 대한 추론적, 인과적 설명을 제안하는 언어적-이론 모델을 구성하고, 그것으로부터 나온 예측이 관찰한 데이터와 일치하는지의 여부 등을 판단함으로써 모델을 평가하고 수정하게 된다.



## 제 2 절 모델링과 과학적 모델의 사회적 구성

모델은 과학지식의 생산과 전파, 수용에 있어서 필수적인 부분이므로, 과학교육 연구자들은 이것을 과학교육의 맥락에 포함시키는 것이 중요하다고 강조한다(Clement, 1989; John K. Gilbert, 2004; Justi & Gilbert, 2002b; Christina V Schwarz et al., 2009). Justi & Gilbert(2002)는 모델에 대한 인공물 관점 및 순환적 관점 받아들였으며 여기서 모델링의 과정은 생성(Creation), 표현(Expression), 테스트(Test), 평가(Evaluation)의 네 단계로 나타난다고 하였으며, 이후에는 <그림 2>의 수정된 모델과 모델링 도식을 제안하였다. 또한 Nersessian(1999, 2002, 2008)은 유추(analogies), 상상적 표상(imagistic representations), 사고실험(thought experiments), 논증(argumentation)의 과정에 의해 가이드 된다고 주장한다.

우리가 개인의 정신 작용에서 최초로 발생된 것이라고 믿는 지식 발달 과정은 커뮤니티 안에서 공동의 문제해결과정(joint activities)에서 언어와 비언어로 표현된 다른 모드의 도움으로, 기술의 사용으로 발달되고 전수된다(Gilbert & Justi, 2016). 즉, 모델링 과정을 통해 구성된 내부의 정신모델(Mental model)은 과학자들에 의해 구성되고 표현 모델(expressed model)로 외부적으로 드러나 과학자 사회에 발표하게 된다. 이처럼 모델은 필연적으로 사회적 맥락에서 검증되고 결과적으로 합의 모델(consensus model)로 구성된다(Gobert & Buckley, 2000). 이처럼 지식 구성의 인지적 측면과 사회적 측면을 모두 고려하여 Rea-Ramirez, Clement, & Núñez-Oviedo(2008)는 모델 기반의 공동구성(Model-Based Co-construction)을 정의하였다. 정리하자면, 지식이 발달되는 과정은 다양한 양식의 상호작용을 통해 서로의 정보를 교환하고 발전 시켜 나가는 과정이며, 사회적 맥락에서의 검증과 커뮤니티 내 구성원들의 합의를 포함하는 과정이라고 볼 수 있다.

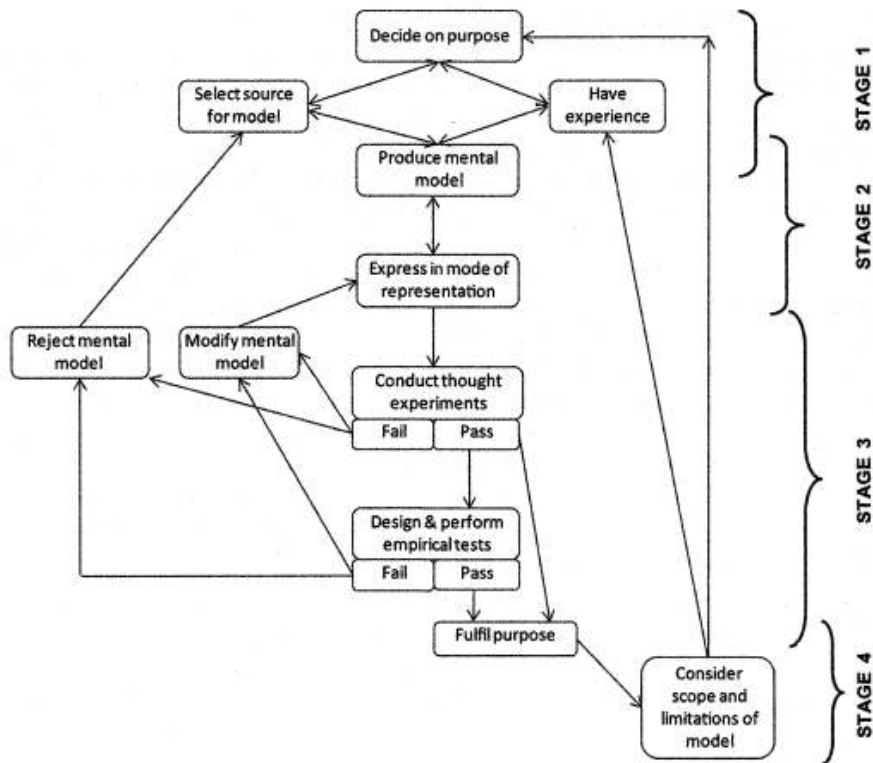


그림 2. 수정된 모델과 모델링 도식(Gilbert & Justi, 2016)

학습에 대한 관점 역시 개인의 내적·인지적 과정으로 파악하는 관점에 서 사회적 맥락에서의 상호작용을 통한 공동 구성의 관점으로 변화하고 있으며(Palincsar,1998), 진정한 과학교육(authentic science education)의 프로세스는 과학 그 자체의 프로세스에 가능한 가까운 과학 안에서의 교육으로 정의될 수 있다(Gilbert, 2004). 이러한 흐름에 따라 과학교육학계에서는 과학적 모형의 사회적 구성(Co-construction of Scientific Model) 수업과 같은 과학 지식 형성의 사회적 관점을 과학 교수-학습에 적용한 과학 탐구 수업에 대한 요구가 증가하여 관련 연구가 활발히 이루어지고 있다. 모델링을 과학교육에 적용한 Clement(2008)에 따르면 과학적 모델 구성 과정은 모형의 생성(Generation) - 수정(modification) - 평가

(Evaluation)를 거치는 일련의 순환 과정이며, 그 과정은 구성원들의 논의와 합의를 거치는 사회적 맥락에서 일어난다. 즉, 소집단 모델링 수업에서 학습자들은 모델 생성으로 인해 자신의 생각을 다른 이들과 공유할 준비가 된 것이며, 다른 사람들의 동의 여부를 알아보기 위해 모델을 설명하고, 설득하는 시도를 통해(윤병일, 2016) 모델을 정교화해 나간다.

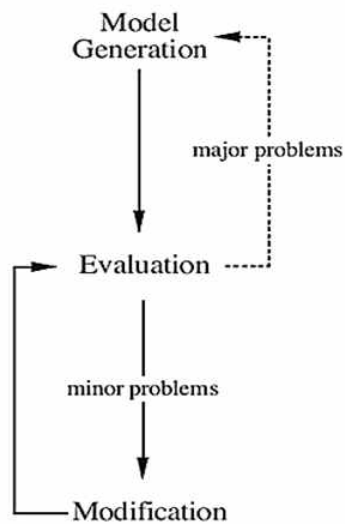


그림 3. GEM cycle(Clement, 2008)

함동철(2012)은 GEM cycle을 수정하여 수업 모형을 제안하였다.

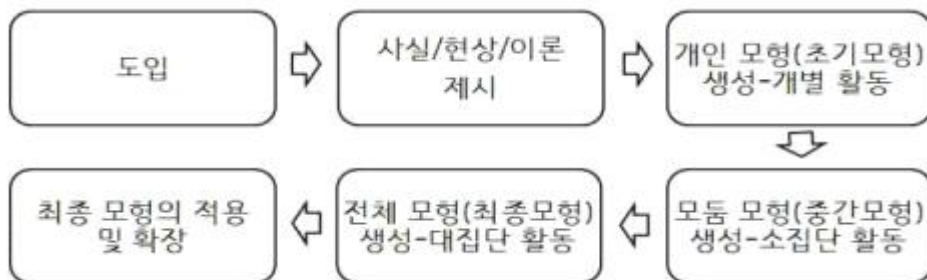


그림 4. GEM cycle에 기반한 수업 단계(함동철, 2012)

이 외에도 국내에서는 모델링 수업을 설계, 시행하여 다양한 연구가 이루어지고 있다(강은희 등, 2012; 김민석, 2013; 김유진, 2015; 박희경, 2015; 유희원 등., 2012; 유희원, 최승언, & 김찬중, 2012; 윤병일, 2017; 이신영 등., 2012; 최윤성, 2016; 함동철, 2012). 하지만, 다양한 이유로 실제로 학교 현장에서는 모델링 기반학습이 잘 이루어지지 않고 있는 실정이다(Bamberger & Davis, 2013; Justi & Gilbert, 2002b; Treagust et al., 1992). 그 중 하나는 소집단 모델링 수업을 계획하고 실행하는 과정에서 나타나는 다양한 양상에 대한 구체적인 논의의 부족을 들 수 있다. 따라서, 모델과 모델링을 현장에 적용해보고, 그것을 다각도로 살펴보는 노력을 통해 수업의 한계와 문제점들을 발견하고, 해결방안을 모색할 필요가 있다. 예를 들어, 소집단을 중심으로 이루어지는 ‘과학적 모형의 사회적 구성’ 수업에서는 ‘교사-학생’, ‘학생-학생’의 상호작용 자체의 속성에 대해서도 구체적인 논의가 필요하다. 검증된 수업 모형, 교사, 학생의 존재가 반드시 성공적인 교수-학습으로 이어지는 것은 아니기 때문이다. 실제로 교실 수업환경에서 모델링을 효과적으로 이루어지고, 구성원들의 집단지성이 발휘되도록 하는 상호작용이 일어나기는 쉽지 않다.

과학적 모형의 사회적 구성 수업을 포함하여 과학 수업에서 나타나는 상호작용을 탐색하기 위한 선행연구들이 있다. 주로 과학 탐구 수업에 관하여 이루어 졌으며, 학생-학생 또는 교사-학생간의 상호작용에 관해 탐색하였다. 이 연구들은 탐구수업에서 상호작용에 영향을 미치는 요인(김선자 등, 2007; 유희원 등, 2012), 상호작용의 양상(강은희 등, 2012; 이신영 등, 2012; 이현영 등, 2002)과 상호작용의 유형(김명희 & 김영신, 2015)에 대한 연구들로 분류될 수 있다. 하지만 학생들 간의 상호작용의 질을 평가하고, 상호작용의 질이 소집단의 모델링 수행에 어떻게 영향을 미치는가를 탐색한 연구는 극히 드물다. 이에 본 연구에서는 함동철(2012)의 수정된 GEM cycle을 적용하여 수업을 설계하고, 소집단 모델링 수행을 집단지성의 개념을 준거로 질적으로 분석하고자 한다.

### 제 3 절 집단지성

집단지성의 개념은 개미들의 초 유기체성을 연구한 Wheeler(1910)에 의해 제안된 것으로, 개미들이 협업을 통해 각 개체들의 능력을 뛰어넘는 능력을 발휘하는 것을 의미한다. Levy(1994)에 의해 집단지성이 ‘어디에나 분포하며, 지속적으로 가치 부여되고, 실시간으로 조정되며, 역량의 실제적 동원에 이르는 지성’으로 정의되었고, 이후 Surowiecki(2004)와 Leadbeater(2008)은 집단지성이 발휘되기 위한 조건들을 제시하였다. Atlee는 집단사고를 극복하여 지적인 수행을 성취하기 위해 개개인들의 협력 활동을 통해서 개인의 인지를 향상시키는 과정(2008; 이유나, 이상수, 2009, 재인용)이라고 정의 하였다. 이처럼 집단지성에 관한 선행 연구들은 대부분 핵심적인 개념을 공유하고 있다.

**표 2. 집단지성의 개념**

Atlee(2008)	집단의 모든 구성원들이 동일한 사고를 가질 수 있는 집단사고를 극복하여 지적인 수행을 성취하기 위해 개개인들의 협력 활동을 통해서 개인의 인지를 향상시키는 과정.
Bingham (2011)	어려운 문제나 도전을 받았을 때 얼마나 잘 협력하여 일을 수행하는지, 또는 얼마나 효과적으로 자신의 지식을 발전시키고, 통합하며, 적용할 수 있는지와 같은 조직이나 팀의 성공을 결정하는 집단의 능력
Levy(1994)	어디에나 분포하며, 지속적으로 가치 부여되고, 실시간으로 조정되며, 역량의 실제적 동원에 이르는 지성.
Leadbeater (2008)	아이디어를 공유, 검증, 폐기, 개발의 과정을 통해 하나의 결과물을 만들어가는 능력. 집단지성을 구축하기 위해서 참여, 인식, 협업의 3가지 요소가 균형적으로 필요함.
Surowiecki (2004)	집단 지성의 조건은 다양성, 분산화, 독립성, 통합의 4가지 조건은 집단지성이 발휘될 수 있는 가능성을 높임.

선행 연구를 종합해 볼 때 ‘집단지성’은 구성원들의 상호간의 협력을 통

해 개인의 합 이상의 능력을 발휘 하는 집단의 능력으로 정의 할 수 있다. 이러한 집단의 능력은 규모가 작은 소집단에서도 역시 발휘될 수 있다. 소집단 논의에서 제시된 특정 아이디어는 눈덩이가 불어나듯이, 소집단의 다른 참여자들과 상호작용하면서 그룹 내로 퍼져 나가듯이 (Anderson et al., 2001; 박지영, 김희백, 2012, 재인용) 집단의 구성원들은 질 높은 상호작용을 통해 개인의 능력 이상의 집단지성을 구축할 수 있다. 즉, 소집단을 중심으로 한 교수-학습 장면에서 성공적인 소집단의 상호작용을 평가하는데, 집단지성은 좋은 기준이 될 수 있다.

국내에서도 집단지성의 개념을 교육상황에 적용하기 위한 시도는 꾸준히 이루어져 왔다. 집단지성 측정 도구의 개발(송윤희, 2016), 집단지성의 원리 탐색(양미경, 2011; 이유나 등., 2009; 전종희, 2012), 집단지성의 원리를 적용한 수업 모형을 개발(김길모, 김성식, 2011; 이현주 등, 2014), 예비 교사들의 집단 지성의 형성 과정 탐색(김세미, 2013) 등이 있다. 상기 연구들은 집단지성의 원리를 통해 교수-학습 장면을 포함한 협업의 가치를 중시하는 다양한 상황에 적용하고자 하는 목적을 가진다.

소집단을 중심으로 한 과학적 모델의 사회적 구성 수업은 학생들 개인이 가진 인지적 자원을 바탕으로 개인 모델을 구성하고, 소집단내의 토의 과정을 통해 합의된 통합 모델을 구성해 가는 과정을 포함한다. 즉, 인지 과정은 상황을 공유하는 사회 집단의 구성원들 사이에 분산되어있다고 보는 Giere(2006)의 관점과도 일맥상통한다. 과학교육에서의 학습은 과학자들이 지식을 만드는 과정과 같은 과학 활동에의 참여를 의미하며, 그것은 의미가 대중적 장소(public space)에서 집단적 행동을 통해 만들어 진다(Toulmin, 1979; Wittgenstein, 1958; Duschl & Grandy, 2008, 재인용)는 학습의 사회적 관점과도 일치하는 것이다. 그러한 집단적 행동은 집단 내 개인의 무작위적인 행동이 아닌 하나의 목표를 공유한 구성원들이 가진 분산된 인지 자원을 최대한 활용하는 방향으로 이루어지는 것이 바람직하다. 따라서 ‘과학적 모델의 사회적 구성’ 수업과 같은 소집단을 중심으로 이루어지는 과학 탐구 학습에서 ‘집단지성’은 중요하게 작용한다고 볼 수 있다.

## 제 3 장 연구 방법

### 제 1 절 연구 과정

본 연구에서는 기후변화 모델의 사회적 구성 수업에서 소집단의 상호 작용을 집단지성의 관점에서 분석하기 위해 다음과 같은 연구 과정을 설계하였다.

표 3. 연구 과정 개요

1단계	문헌연구
	↓
2단계	수업 모듈(파일럿테스트)개발 및 수정
	↓
3단계	분석틀 개발
	↓
4단계	수업 적용 및 자료수집
	↓
5단계	자료 분석 및 추가 자료수집
	↓
6단계	분석틀 수정

첫째, 문헌 연구를 통해 과학적 모델의 사회적 구성 수업을 위한 이론적 토대를 마련하였다. 2009개정 교육과정과 기후변화와 관련된 문헌을 분석하여 기후변화의 교육과정 목표 모델을 개발하였다. 또한 수업 모듈에 ‘지구기후변화’에 대한 최근의 쟁점을 반영하기 위해 웹페이지, 논문, 신문 기사 등 다양한 형태의 문헌을 조사하였다. 둘째, 탐색한 문헌들을 바탕으로 4차시로 구성된 지구기후변화 모델링 수업모듈을 개발하였다. 본 연구에 도입하기 전에 개발한 모듈로 연구 대상인 S고등학교에서 다

른 학생들을 대상으로 파일럿 테스트를 시행하여 수정, 보완하였다. 셋째, 개인모델, 소집단 합의 모델과 모델링 과정을 분석하기 위한 분석틀을 개발하였다. 분석의 타당성을 높이기 위해 과학교육 전문가 3인과 함께 검토하였다. 넷째, 연구에 참여할 학생들을 무학년제 방과 후 학교의 형태로 모집하여 개발한 수업 모듈을 적용하고, 수업의 전 과정은 비디오로 녹화하였고, 학습지는 모두 수거하여 분석을 위해 정리하였다. 사후 인터뷰는 수업 시행 이후 4주 이내에 이루어졌다. 수집된 수업 동영상, 학습지 등의 자료를 분석한 후 부족한 부분을 보완하기 위한 문항으로 구성하였다. 인터뷰 내용은 모두 전사되었다. 다섯째, 수집된 자료를 분석하며 분석틀을 수정하는 순환적 과정을 통해 분석을 정교화 하였다.

## 제 2 절 연구 참여자

본 연구에 참여한 학생들은 경기도의 공립 S고등학교 1, 2학년 학생 23명(남자 10명, 여자 13명)이다. 4, 5명으로 이루어진 5개의 소집단으로 구성되어 이 수업에 참여 하였다. 본 연구는 사례연구이며, 의도적인 변인(성별, 학년 등)통제는 이루어지지 않았으며, 성별과 학년이 다른 다양한 소집단 구성의 사례를 확보 하였다. 수업 진행 교사는 과학교육전공자로 연구자 본인이며, 31세 6년차 현직 공립 고등학교 교사이며 현재 과학교육 전공으로 대학원 석사과정에 재학중이다. 또한 연구가 진행되기 이전에 S고등학교에서 12차시의 모델링기반탐구 방과 후 강좌를 개설하여 모델링 수업을 실행한 경험이 있다.



### 제 3 절 수업 모듈

본 연구에서는 Clement(2008)가 제안하고, 함동철(2012)에 의해 수업모형으로 적용된 ‘GEM cycle’을 기반으로 모델링 수업을 구성하였다. 총 4차시로 이루어 졌으며, 각 차시는 50분간 진행되었다.

**표 4. 수업 개요**

	Session	Description
1 차 시	과학적 모델이란	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 교사는 ‘모델’과 ‘모델링’이 무엇인지 에 대해 사례를 들어 설명한다.</li> <li>· 학생 스스로 데이터를 분석하여 ‘기후변화’가 실제로 일어나는 것인지, 일어난다면 어떻게 기후가 변화하고 있는지 설명을 구성하는 활동(기후변화 모델링)을 Session2에서 에 할 것을 예고하고, 준비사항(지구 기후변화에 대한 문헌 조사) 에 대해 공지한다.</li> </ul>
	‘지구 기후 변화’ 도입 및 문제제기	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 교사는 ‘기후’, ‘기후 변화’의 개념을 설명한다.</li> <li>· 기후변화로 인한 최근의 피해 사례 영상들을 보여주어 기후변화에 대해 학생들이 인식하도록 한다.</li> </ul>
2 차 시	지구 기후변화 모델링 -개인모델	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 교사가 제공한 다양한 데이터들을 검토하여, 기후변화를 설명하는 개인 모델을 구성한다.</li> </ul>
3 차 시	지구 기후변화 모델링 - 조모델	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 조원 모두 한 번씩 조원들에게 자신의 모델에 대해 설명하는 시간을 가져 학생들은 서로의 모델에 대해 파악한 뒤, 토론 및 합의를 통해 하나의 모델(조 모델)을 구성한다.</li> </ul>
4 차 시	지구 기후변화 모델링 - 조 모델 반 전체 공유	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 각 조에서는 조 모델을 전체 반 학생들에게 발표하는 시간을 가진다. 이 때 한 조당 발표시간은 최소 5분 정도를 배정하고, 다른 조의 질문과 반박에 답변하는 시간 5분을 배정하여 한 조당 10분 정도를 배정한다.</li> </ul>

메타모델링지식(Meta Modeling Knowledge, MMK)의 강조가 모델의 성격과 목적 및 모델 생성 및 평가에 대한 학생들의 이해에 영향을 준다는 선행연구(Schwarz & White, 2005; 임성은, 2017)를 반영하여 1차시에는 모델과 모델링에 관한 수업으로 학생들이 MMK를 습득 할 수 있도록 하였다. 또한 ‘기후변화’와 관련된 비디오클립을 보여주어 다음차시에 이루어질 기후변화 모델링에 대한 관심과 문제 인식을 갖도록 하였다. 2차시에는 개인 모델을 구성하는 단계로 교사가 제시한 자료(기후변화 요인과 관련된 자료)를 해석하고, 자신의 기후변화에 대한 기존 개념들로 개인 모델을 구성 하도록 하였다. 학생들에게 제시한 자료는 <표5>와 같다. 각각의 자료들 중 대부분은 지구기후변화의 자연적인요인, 외적요인, 인간 활동의 요인과 관련되며, 복사평형, 온실효과의 원리 등을 나타낸 자료도 다수 포함하였다. 2009 개정 교육과정에서 7-12학년의 학습내용에 포함된 기후변화 관련 내용들을 균형 있게 포함하기 위해 총 16개의 자료를 제시하였다. 3차시에는 개인 모델을 서로 공유하여, 평가하고 수정하는 과정을 통해 합의 모델을 구성하였다. 4차시에는 2절도화지에 작성한 소집단 모델을 학급의 모든 학생들 앞에서 발표하고 공유하였다.

**표 5. 모델링 활동에 주어진 자료**

항목	자료명
자료1	지구의 복사 평형
자료2	온실효과의 원리
자료3	지질시대 동안의 지구 평균 기온의 변화
자료4	태양의 흑점 수와 온도 편차와의 관계
자료5	화산폭발과 지구 대기의 태양 복사에너지 투과율과의 관계
자료6	화산폭발과 기온편차와의 관계
자료7	엘니뇨와 기온편차와의 관계
자료8	북극해의 9월 평균 해빙 면적
자료9	지표면 상태에 따른 알베도(반사율)
자료10	온실 가스 종류와 특성
자료11	하와이 마우나로아에서 관측한 월평균 대기 중 CO <sub>2</sub> 의 농도
자료12	대기 중 CO <sub>2</sub> 농도
자료13	대기중 CH <sub>4</sub> 농도
자료14	탄소 순환
자료15	지구의 운동에 의한 태양복사에너지의 변화와 지구 빙하기 주기와 의 관계
자료16	이산화탄소(CO <sub>2</sub> ), 온도(Temperature), 먼지(Dust)의 45만 년간의 변 화

학생들은 교사가 제시한 16개의 자료를 해석하고 자신의 기존 생각을 바탕으로 개인 모델을 구성하였다. 즉, 데이터(data)를 기반으로 하여 기후변화를 설명, 지지하는 추론을 이끌어내어, ‘지구 기후변화 모델’을 구성하는 것이 이 수업의 목표였다. ‘지구 기후변화 모델’은 데이터를 기반으로 한 다수의 추론을 포함하는 ‘언어적-이론모형(Gilbert, 2003)’에 해당한다.

## 제 4 절 자료수집 및 분석 방법

### 1. 자료수집

수업의 모든 과정은 학급 전체 동영상과 소집단별 동영상으로 촬영되어 전사하였으며, 수업시간에 학생들이 표현한 개인모델, 소집단 모델이 포함된 활동지도 모두 수거 하였다. 소집단 상호작용 과정에서의 집단지성에 영향을 미친 내적, 외적 요인들을 이해하기 위해 6명의 학생을 대상으로 심층 인터뷰를 진행하였고, 인터뷰 과정은 모두 녹음되어 전사되었다.

### 2. 분석 방법

본 연구에서는 소집단의 모델 구성과정에서의 상호작용의 양상과 그 결과를 ‘집단지성(Collective Intelligence)’의 개념을 준거로 질적 연구의 방법(곽영순, 2009; 조용환, 1999)으로 분석하였다. 질적 연구의 방법을 통해 교수-학습 장면을 연구하는 것은 수업을 둘러싼 주변 맥락과 관련 당사자들의 관점을 충실히 반영함으로써 교실내에서 일어나는 일들을 제대로 해석해 낼 수 있게 된다(곽영순, 2009)는 측면에서 명확한 장점을 지닌다. 하지만, 타당한 분석 방법이 사용되지 않을 경우 주관적인 결론으로 귀결될 수 있다. 이에 삼각측량(Triangulation)의 방법으로 면담, 직접 관찰, 문서자료 등의 다양한 자료를 연계하여 분석하였고, 약 1년간 수차례의 지속적이고 반복적인 분석을 통해 신뢰가능성과 내적 타당성을 높였다(Strauss & Corbin, 1994; 곽영순, 2009). 또한 국내 및 국외 학회에서 3차례에 걸쳐 분석결과를 포함한 연구 진행 상황을 발표하였고, 국내의 동료 연구자들에게 4차례 연구에 관해 발표 하였다. 이처럼 동료평가와 외부 감사를 활용함으로써 연구의 신뢰가능성을 제고하였다(곽영

순, 2009).

집단지성의 개념은 그것을 정의한 학자에 따라 시간과 공간의 범위가 상이하므로, 분석의 관점을 명확히 하기 위해서는 ‘소집단의 모델링 수행’이라는 상황에 적용하기 위한 집단지성의 프레임웍(framework)이 필요하였다. Surowiecki(2004)가 제시한 집단지성이 발휘되기 위한 조건인 다양성, 분산화(decentralization), 독립성, 통합의 요소를 기본으로 자료 분석을 시작하였다. 분석 과정 중 메타인지적 상호작용인 인지적 공동조절의 요소가 상호작용 과정 중 의미있게 나타나는 것을 확인하여 초기의 프레임웍을 수정하였다. DiDonato(2013)에 의하면, 인지적 공동조절은 계획(planning), 점검(monitring), 평가(evaluation)의 과정을 거친다고 하였다. 이와 같은 순환적인 분석과정을 통해 최종적으로 다양성, 분산화, 독립성, 통합, 공동조절의 5가지 요소를 소집단의 모델링 수행에 적용하기 위한 집단지성의 프레임웍을 구성하였다.

**표 6. 소집단 모델링 수행과 집단지성의 조건**

<b>개인 모델</b>	<b>초기모델의 다양성</b>	다양한 의견과 아이디어들이 기존에 알지 못했던 관점들이 더해져 개인이 생각하지 못했던 문제해결 방안의 범위를 확장시킬 수 있음. 소수의 편향된 개인들에 의해 한쪽으로 치우치는 것을 방지함.
<b>모델링 과정</b>	<b>상호작용의 분산화</b>	집단 내 구성원들이 문제를 해결하는데 있어서 다양한 개인들의 독립적이고 분산화 된 권력이 역동적인 상호작용을 가능하게 함.
	<b>정보의 독립성</b>	개개인이 주변의 영향을 받지 않고, 독립된 판단 하에 의견을 낼 수 있는 것. 한 개인의 실수가 집단 전체의 판단을 손상시키는 문제를 방지함. 또한 각 개인이 갖는 자원들이 다른 구성원들에게 새로운 자원으로 작용할 수 있음.
	<b>인지적 공동조절</b>	소집단의 구성원들이 과제를 해결하는 과정에서 나타나는 메타 인지적 특성으로, 인지적 공동조절의 개념을 통해 구체화할 수 있음. 계획, 점검, 평가의 과정을 거침.

소집단 합의 모델	발전적 통합	하나의 목적을 위해 분산된 개인의 지식들이 단순히 전체의 합 이상으로 승화되어 통합되는 것이 가상 이상적임.
-----------------	--------	--

GEM cycle을 따르는 소집단의 모델링 수행과 집단지성의 조건은 다음과 같은 관련성을 가진다. 모델 생성(Generation)단계에서 개인이 구성한 초기 모델들은 소집단의 인지적 다양성과 관련된다. 소집단 내의 다양한 초기 모델의 존재는 소집단 모델 구성에 활용할 수 있는 인지적 자원의 다양성을 의미하기 때문이다. 모델 평가(Evaluation), 모델 수정(Modification) 단계에서 학생들은 자신의 모델을 다른 학생들에게 소개하고, 토의하며 평가, 수정 과정을 거치게 된다. 이 과정은 언어적, 비언어적 상호작용의 과정이며 이 과정에서 상호작용의 분산화, 정보의 독립성, 인지적 공동조절의 양상을 확인할 수 있다. 마지막으로, 합의모델을 구성하는 과정은 통합의 과정이다.

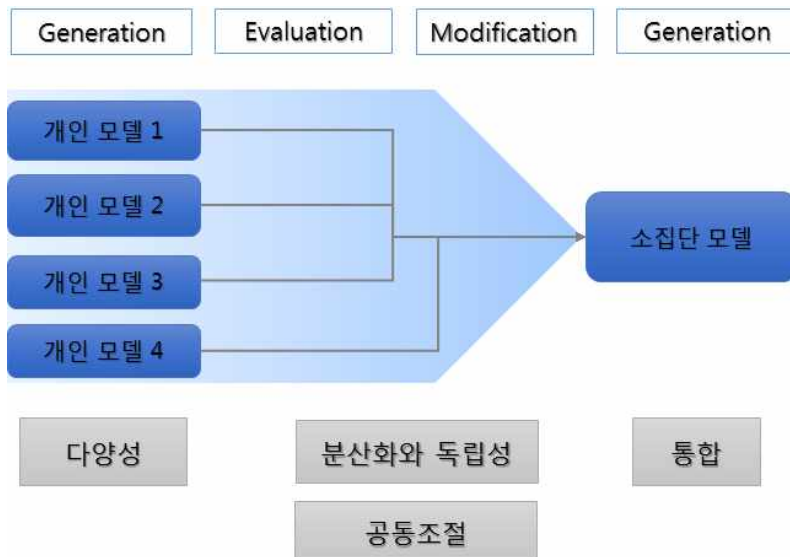


그림 5. GEM cycle과 집단지성의 조건의 관련성

## 가. 개인 모델 분석방법

집단지성의 조건 중 ‘다양성’을 파악하기 위해 개인 모델을 분석하였다. 다양성은 그 자체로 가치가 있으며, 다양한 집단을 만들면 대체로 문제해결능력이 높아진다(Surowiecki, 2004). 다양성은 구성원의 인지적 다양성을 의미한다. 개인 모델의 다양성은 그 소집단이 가진 정보, 인지적 자원의 다양성을 의미하므로, 소집단 모델링 활동에서도 다양성은 중요하다. 다양한 개인모델이 존재 할수록 소집단 모델이 더 발달할 수 있는 가능성이 증가하기 때문이다. 학생들이 작성한 학습지와 비디오 전사본을 확인하여 학생들이 개인 모델에 사용한 핵심 근거와 사용한 자료를 기록하였다. 또한 기후변화 교육과정 모델을 바탕으로 기후변화 요인을 영역별로 분류하고, 모델의 추론 수준을 분석하였다. 개인모델의 분석 예시는 <표 7>과 같다.

**표 7. 개인 모델 분석 예시**

	핵심 근거	사용한 자료	분류	추론 수준
학생1	온실기체, 지구의 운동	-	자연적(B), 외적(C) 요인	Ⅱ
학생2	온실기체	3	자연적(B) 요인	Ⅱ
학생3	온실기체	-	자연적(B) 요인	I
학생4	화산 폭발	6, 9	자연적(B) 요인	Ⅲ

## 나. 소집단 모델링 과정 분석방법

Levy(1994)와 Surowiecki(2004)는 각 구성원들이 상호작용하면서 자신의 능력을 발휘하고 집단의 사고를 발전시켜나갈 때 집단지성이 발휘됨을 강조하였다. 소집단 모델링 과정에서의 집단지성의 양상을 분석하기 위해 소집단별 상호작용 단위에서 살펴보았다. 상호작용은 언어적 상호작용과 비언어적 상호작용으로 분류할 수 있다. 본 연구에서는 주로 언어적 상호작용의 범주를 세분화하여 분석하였고, 비언어적 상호작용(몸짓, 표정, 어투 등)은 특기할 만한 사항이 있는 경우 기록하였다. 이를 바탕으로 분산화, 독립성, 공동조절의 양상을 탐색하였다. 분산화는 상호작용에서 권력의 분산화를 의미한다. 개별발화의 수를 전체 발화의 수로 나눈 발화 비율의 분산 정도, 그리고 각 개인 간의 상호작용의 빈도로 확인한 관계망을 분석하였다. 독립성은 집단에 특이 되도록 개별 지식을 확산시키는 동시에, 자기 분야에 특화해서 독립적인 상태를 확고히 유지하는 것을 의미한다. 개인 모델의 중요한 정보가 타인에 의해 침해되지 않고 소집단 모델에 기여하기 위해서는 독립성이 유지되어야 한다. 모델을 가지고 상호작용을 통해 소집단 모델로 통합되어 가는 과정의 발화를 세부범주로 코딩하여 발화의 성격을 특징짓고, 이를 통해 상호작용 중 독립성이 유지되거나 침해되는 사례를 파악하였다. 공동조절은 구성원이 공유하고 있는 과제의 계획, 점검, 평가에 이르는 일련이 메타 인지적 요소를 의미한다(Didonato, 2013). 제한된 시간 내에 효과적으로 개인모델을 공유하고 그로부터 합의 모델을 이끌어 내기 위해서는 모델링의 중요한 절차를 안내하고 실행하는 메타인지가 중요하다.

선행연구(김민석, 2013; 유희원 등, 2012; 정원영 등, 2009)를 바탕으로 언어적 상호작용의 하위 요소를 질문, 응답, 의견제시, 의견 받기의 4개의 소범주로 분류하고, 구체적인 발화의 성격을 정의하기 위해 27개의 소범주로 세분화하였다. 지속적이고 반복적인 분석(Strauss & Corbin, 1994)을 통해 코드를 추가 및 수정 하였다.



표 8. 상호작용의 범주와 코드

상호작용	소범주	세부범주	코드
질문 - 응답	질문	단순 질문 관련 질문 정교화 질문	C-Q1 C-Q2 C-Q3
	응답	단순대답 관련대답 정교화대답 무응답(생각)	C-R1 C-R2 C-R3 C-R4
의견제시 - 의견받기	의견제시	반복 정교화제안 주관적인 생각이나 의견 제시 새로운 정보 제시	C-M1 C-M2 C-M3 C-M4
	의견받기	단순반론 구체적 반론 확인, 생각의 검토 단순수용 확산적수용 상대방 의견 부연	C-O1 C-O2 C-O3 C-O4 C-O5 C-O6
의견제시 - 의견받기	의견제시	과제 계획 절차 계획 과제 점검 내용 점검 내용 평가	M-U1 M-U2 M-U3 M-U4 M-U5
	의견받기	과제 계획 관련 대답 절차 계획 관련 대답 과제 점검 관련 대답 내용 점검 관련 대답 내용 평가 관련 대답	M-S1 M-S2 M-S3 M-S4 M-S5

## 다. 합의 모델 분석방법

### 1) 통합의 방식

통합은 개인 간의 상호작용을 통해 결과물을 생산하는 것을 의미한다. 개인 모델이 모델링 과정에서 상호작용을 통해 하나의 소집단 모델로 통합된다. 집단지성이 발휘된 이상적인 통합은 단순한 개인의 합보다 더 나은 통합을 의미한다. 개인 모델을 분석하고 소집단 모델을 분석, 평가함으로써 어떤 방식으로 통합이 이루어졌는지 분석, 평가 할 수 있다. 통합의 방식은 리더에 의한 일방적인 통합 또는 개인모델의 단순 통합 등 다양하게 나타날 수 있다.

### 2) 합의 모델의 수준

지구 기후변화 모델은 다양한 요인의 영향으로 나타나는 변화를 설명하는 모델이므로, 명확히 규정되는 목표 모델(Target model)을 가지지 않으며, 하나의 과학적 추론으로 설명될 수 없다. 즉, 기후변화에 대한 설명을 뒷받침 하는 여러 데이터와 그것에서 비롯된 과학적 추론들이 종합되어 ‘기후변화 모델’을 구성한다. Gilbert(2003)에 따르면 이론적 모델은 데이터에 기반 하며, ‘기후변화 모델’은 언어적-이론모델(Verbal-Theoretical Model)에 해당된다. 언어적-이론 모델의 견고함은 데이터들과 데이터로부터 나온 과학적 추론을 통해 얼마나 지지 되는가에 의해 결정된다. 즉, ‘기후변화모델’이라는 이론적 모델을 구축하기 위해 얼마나 다양한 데이터와 과학적 추론을 사용하였는가는 모델의 수준을 평가하는 하나의 기준이 될 수 있다. Pluta, Chinn, & Duncan(2011)는 과학적 모델의 질을 판단하는 좋은 모델(Good models)의 준거로써 ‘높은 수준의 개념적 일관성과 명확성(high levels of conceptual coherence and clarity)’, ‘다른 분야 이론과의 양립가능성(compatible with theories in other fields)’, 적절한 간결성(appropriately parsimonious)’, 경험적 증거

와의 일치(consistent with empirical evidence)', '새로운 경험적 예측의 이력(a history of making novel empirical predictions)'을 제안하였다.

또한 Kelly(2007)는 학생들이 구성한 지구 기후변화 보고서를 평가하기 위한 인식론적 및 수사학적 기준(epistemic and rhetorical criteria)으로 '해결할 수 있는 연구 질문 또는 논제 진술(Thesis statement)', '수렴하는 추론 라인(Convergent lines of reasoning)', '충분한 추론 라인(Sufficient lines of reasoning)', '유효한 추론으로 구축된 추론 라인(Valid inferences for lines of reasoning)', '진보적인 증거 구성(Progressive construction of evidence)', '추론 라인을 가로 지르는 일관성(Coherence across and within lines of reasoning)', '인식론적 수준에서의 일치된 증거(Coordinate evidence across epistemic levels)', '논제의 지지(Support for thesis)'를 제안하였다. 구체적인 평가 기준은 <표 9>와 같다.

**표 9. 지구 기후변화 보고서의 평가 기준 (Kelly, 2007)**

특징	평가 기준
추론의 구조	추론의 다층적인 선(multiple lines)이 있나?
	추론라인이 모델에 타당성을 부여하는가?
	추론라인이 결론을 커버하나?
관찰적 증거	적절한 데이터 표상이 들어갔는가?
	데이터 표상이 규명되었나?
	데이터 표상이 설명(describe)되었나?
	데이터가 적절하게 사용되었나?
	데이터는 잠재적으로 충분한가?
설명적 증거	데이터는 명확하게 동정되었나?
	데이터는 설명의 일부로 구성되었나?
	데이터는 메커니즘을 설명하도록 사용되었나?
	데이터는 설명을 지지하는데 사용되었나?
	데이터 간의 관련성이 명확하게 규명되었나?
	추론이 유효한가?

본 연구에서는 Pluta et al.(2011)가 언급한 좋은 모델의 인식론적 기준과 Kelly(2007)의 기후변화 보고서를 평가하는 기준을 바탕으로 ‘지구 기후변화 모델’의 추론 수준을 평가하기 위한 기준을 제안하고자 한다. ‘개념적 일관성’은 일련의 추론 라인이 일관적으로 기후 변화를 향해있는가를 ‘추론의 일관성’의 측면에서 확인할 수 있다. ‘경험적 증거와의 일치’ 여부는 관찰적 증거로서 데이터의 올바른 사용 여부를 통해 확인 할 수 있으며 ‘인식론적 수준에서의 일치된 증거’로 볼 수 있다. 관찰적 증거를 바탕으로 설명적 증거를 추론해낸 경우, 데이터와 관련된 인과관계를 설명하는 과학적 추론이므로 이를 통해 새로운 예측이 가능하다. 즉, 그러한 모델은 ‘예측 가능성’을 가진 것으로 간주할 수 있다. 기후변화 보고서의 평가 기준이 좋은 모델의 기준과도 일맥상통하므로 이를 활용하여 학생들이 구성한 지구 기후변화 모델을 평가하고자한다.

2009 개정 교육과정을 분석하여 ‘지구 기후변화’와 관련된 내용 요소를 나열하고, 각각을 관찰적 증거와 설명적 증거로 구분한 뒤, <그림 6>과 같이 각각의 관찰적 증거에서 비롯된 추론과 이론적 주장이 설명적 증거를 이루어 지구 기후변화를 설명하는 일련의 추론라인을 구성하였다.

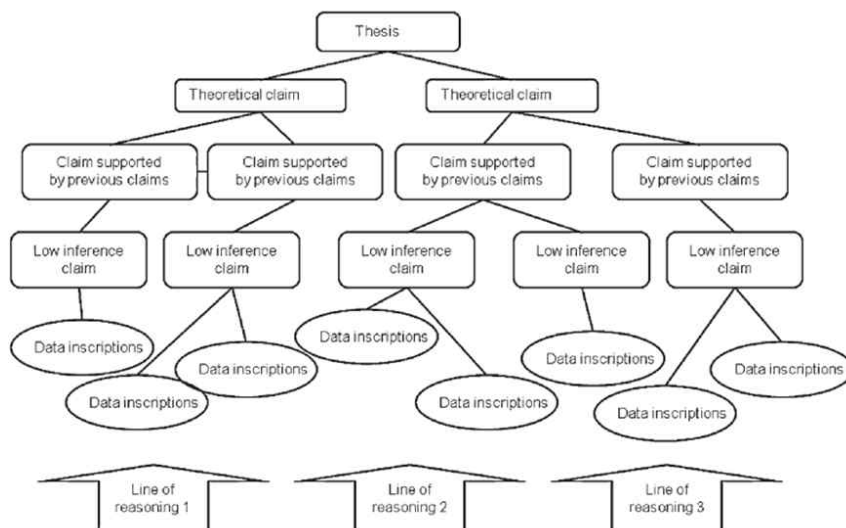


그림 6. 논증 구조와 평가 기준의 구조(Kelly, 2007)

이는 교육과정 내에서 학생들이 도달해야할 성취 목표에 해당하는 모델이므로, ‘교육과정 목표 모델’이라고 할 수 있다. ‘지구 기후변화’의 ‘교육과정 목표 모델’은 <그림 7>과 같다. 개발한 모델의 타당성을 확보하기 위해 과학교육 전공자 2인에 의해 검토되어 수정, 보완되었다. ‘지구 기후변화’의 ‘교육과정 목표 모델’은 다양한 원인과 인과적 추론이 복잡하기 얽혀있어 단순하게 시각화 할 필요가 있었다. 기후변화의 요인을 인간요인, 지구내적요인, 지구외적요인의 3가지로 세분화 하였고, 이는 각각 영역 A, B, C에 해당된다. 수준 I 은 관찰적 증거에 해당하는 것으로 수륙분포의 변화, 화산폭발, 태양의 활동, 대기 중의 온실기체 증가와 같은 데이터를 이용하여 현상적인 수준에서 기후변화의 요인을 설명하는 경우에 해당한다. 수준Ⅱ는 설명적 증거에 해당하며, 수준 I 에서 제시한 데이터를 과학적 원리 및 인과관계를 통해 설명하는 경우이다. 수준Ⅲ은 설명적 증거로 수준 I,Ⅱ를 바탕으로 복사에너지평형의 수준에서 현재 지구 기후 변화의 양상을 추론한 경우에 해당한다. 수준Ⅳ는 인간의 존재 유무와 관련 없이 기후가 계속해서 변화해 왔음을 인지하고, 현재와 과거의 총체적인 기후변화를 모두 설명할 수 있는 모델을 구성한 경우에 해당한다.

## 라. 인터뷰 분석방법

사후 인터뷰를 통해 집단지성에 영향을 미치는 요인을 탐색하였다. 인터뷰 내용은 모두 오디오로 녹음되어 전사되었다. 전사된 내용은 수업 영상, 활동지 등을 분석한 결과와 함께 질적 연구 방법에 따라 분석되었다.

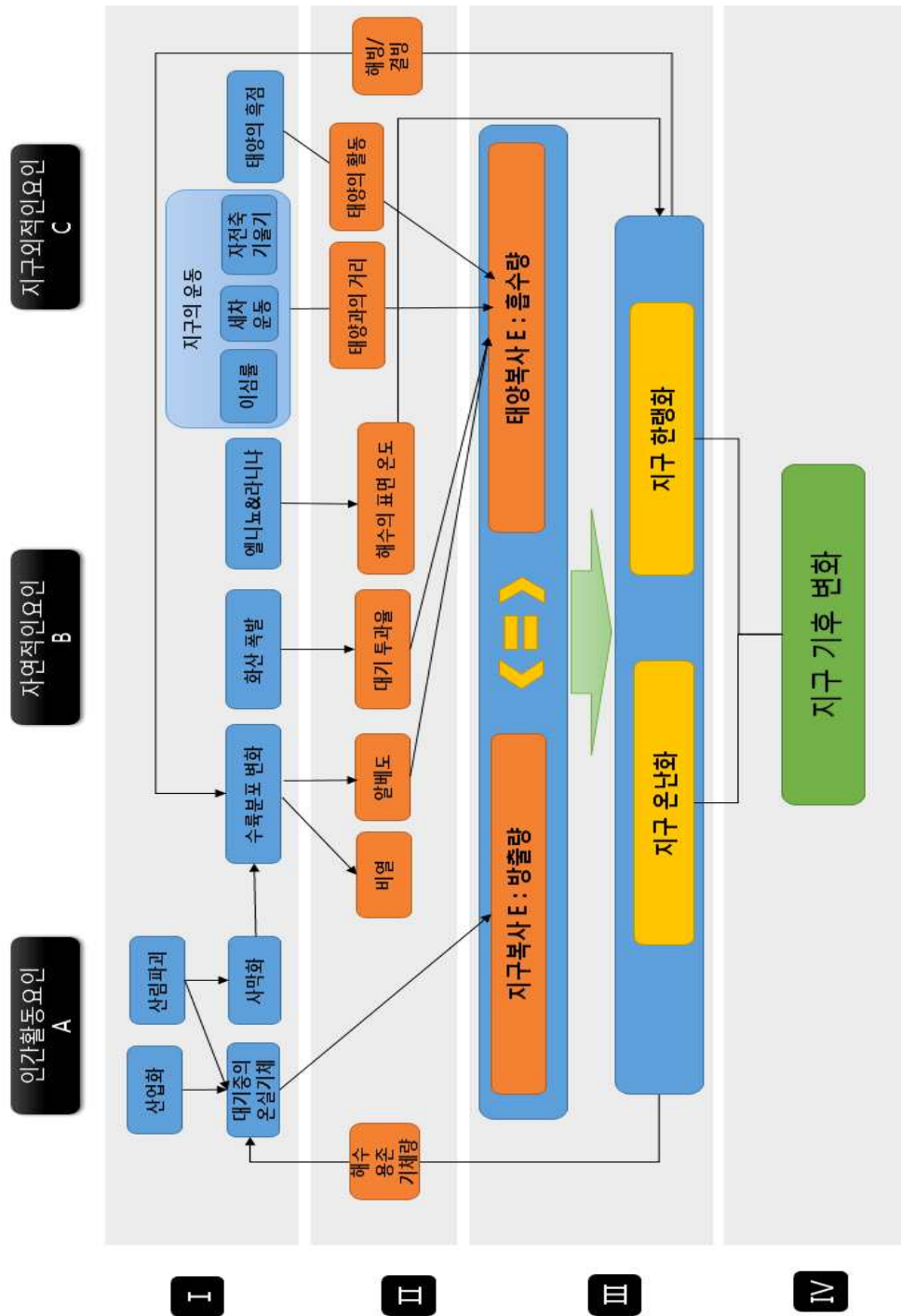


그림 7. 지구기후변화 교육과정 목표 모델

## 제 4 장 연구 결과

### 제 1 절 집단지성의 양상

#### 1. 소집단의 구성

본 연구는 경기도 지역 S고등학교의 무학년제 방과 후 수업으로 진행되었다. 수업에 참여한 학생들은 고등학교 1, 2학년(N=23)이며, 대부분 서로 다른 학급의 학생들로 구성되었다. 최대한 원활한 상호작용이 일어나도록 하기 위해 평소 친분이 있는 학생들이 같은 소집단에 속하도록 하였다. 소집단의 성별구성은 다음과 같다. 서로 다른 학년으로 구성된 소집단 E는 추후 분석에서 제외되었다.

**표 10.** 소집단의 구성

	남	여	합계
소집단 A	5	0	5
소집단 B	0	5	5
소집단 C	0	4	4
소집단 D	0	4	4
소집단 E	5	0	5
합계	10	13	23

## 2. 소집단별 사례

본 연구에서 소집단은 각각 하나의 사례로 총 4개의 소집단 사례에 대해 개인 모델, 모델링 과정, 합의 모델의 세 단계로 분석하였다.

### 가. 사례 1 : 소집단 A

#### 1) 다양성

소집단 A는 5명의 고등학교 1학년 남학생으로 구성되었다. 학생들이 구성한 모델의 추론 수준은 I ~Ⅲ수준으로 나타났다. 학생들은 대부분 자연적인 요인을 고려하였으며, 외적 요인과 인간 활동의 요인을 고려한 학생들도 있었다. 구체적인 내용은 다음과 같다.

**표 11. 소집단 A의 개인 모델 분석 결과**

	핵심 근거	사용한 자료	분류	추론 수준
학생1	화산폭발(CO <sub>2</sub> 증가), 지구궤도 이심률, 먼지농도	9, 15, 16	자연적(B), 외적(C)요인	I
학생2	화산폭발	5	자연적(B) 요인	Ⅱ
학생3	지구의 운동, 온실효과, 지구복사평형	15	외적(C) 요인	Ⅲ
학생4	인구증가에 의한 CO <sub>2</sub> 증가	3	인간 활동(A)요인	I
학생5	CO <sub>2</sub> 증가	8~13	자연적(B)요인	I



학생1은 지구 온도 변화주기는 CO<sub>2</sub>주기가 일치한다는 것을 근거로 사용하였으며, CO<sub>2</sub>와 화산폭발로 인한 먼지의 증가량을 연관지어, 결과적으로 화산폭발을 지구 기후변화의 원인으로 제시하는 개인 모델을 구성하였다. 학생2는 자료5만을 근거로 삼았으며, 화산폭발에 의해 먼지, CO<sub>2</sub>가 대기를 뒤덮으면 태양복사가 들어오지 못해 온도가 낮아진다는 개인 모델을 구성하였다. 학생3은 자료 15만을 근거로 삼았으며 지구 공전궤도의 이심률, 자전축의 경사 등 지구 운동의 외적 요인과 지구복사평형, 온실효과의 원리에 따라 지구 대기의 온도가 상승한다는 개인 모델을 구성하였다. 학생 4는 모든 자료를 분석하였고, 과거와 현재의 주된 기후변화 요인을 분리하였고, 현재는 산업혁명으로 인한 인구증가/온실기체 증가로 인해 지구 온난화가 일어난다는 개인 모델을 구성하였다. 과거의 지구 온도 변화의 요인은 구체적으로 제시하지 않았다. 학생5는 모든 자료를 분석하였고, 현재의 CO<sub>2</sub> 농도 상승은 급격히 온도변화로 이어진다는 모델을 제시하였다.

소집단 A에서는 학생 1을 제외한 학생2, 3, 4, 5는 모두 근거가 주장을 지지하는 정도에는 차이가 있었지만 모두 과학적 추론을 통해 개인 모델을 구성하였다. 또한 각 개인은 근거와 추론 측면에서 완성된 모델을 구성하고 있지 않았지만 화산폭발, 지구의 운동, 산업 혁명 등의 다양한 지구 내적, 외적 원인을 포함하였고, 다양성을 확보한 상태로 소집단 모델링 과정을 시작하였다.

## 2) 분산화

소집단 A는 5명의 남학생으로 구성되어있다. 발화의 점유율은 학생 1(45%), 학생2(19%), 학생3(3%), 학생4(24%), 학생5(9%)로 나타났다. 학생1이 거의 절반에 해당하는 발화를 점유하였다.

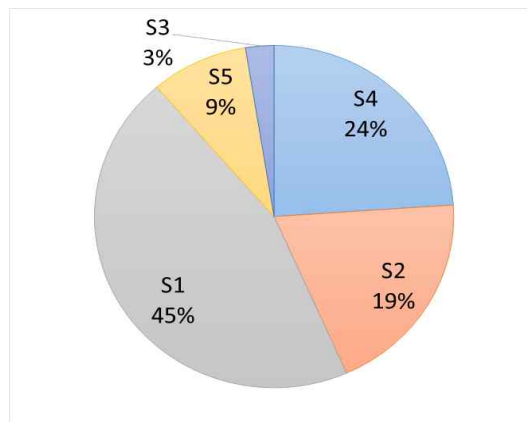


그림 8. 소집단A 학생별 발화점유율

<표 12>는 소집단 A의 학생별 발화 횟수를 나타낸 것이며, 가로축에 표시된 학생으로부터 세로축에 표시된 학생에게 향한 발화의 횟수를 나타낸 것이다.

표 12. 소집단 A의 학생별 발화 횟수

	학생1	학생2	학생3	학생4	학생5
학생1	26	9	0	17	12
학생2	1	6	1	1	1
학생3	2	1	1	1	0
학생4	12	1	1	9	1
학생5	10	5	0	2	12

<그림 9>는 학생들 사이에 오고간 대화를 토대로 학생들의 상호작용 관계망을 시각화 한 결과이다. 각각의 원은 학생1~학생5를 의미하며, 각 학생을 연결하는 선 위의 숫자는 두 학생 사이에 일어난 발화의 횟수를 의미한다. 학생 옆의 숫자는 특정한 대상을 향하지 않은 발화의 횟수를 의미한다. (3회 이하의 발화는 제외함.)

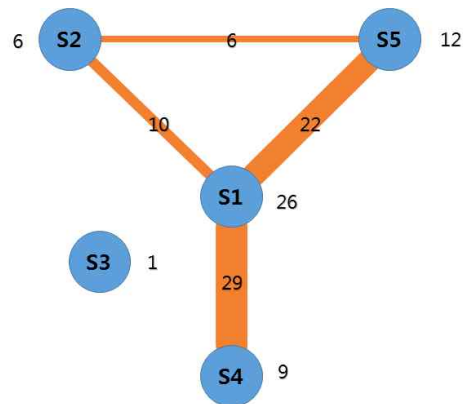


그림 9. 소집단 A의 상호작용 구조

소집단 A에서는 학생1을 중심으로 학생2, 학생4, 학생5가 연결된 형태로 나타났다. 학생2와 학생4, 학생4와 학생5는 개별적인 연결을 보이지 않으며, 학생1을 통해 연결되어 있다는 것을 알 수 있다. 이는 학생2, 4, 5의 의견이 대부분 학생1과의 상호작용을 통해 점검된다는 것을 의미한다. 학생3은 상호작용에 거의 참여하지 않았다.



**그림 10.** 소집단 A의 토의 장면

비디오 분석 결과, 학생3은 다른 학생들의 말을 열심히 경청하고 있었다. 토의에는 적극적으로 참여하지 않았지만, 수업에 참여하지 않은 것은 아니었다는 것을 알 수 있었다. 또한 다른 학생들이 앉아 있는 동안 학생1은 일어서서 적극적인 모습으로 토의에 참여하였음을 알 수 있었다. 소집단 A에서는 가장 큰 발화 빈도를 보이는 학생1을 중심으로 모델링이 이루어졌음을 나타낸다. 즉, 분산화가 잘 이루어지지 않았다는 것을 확인할 수 있다.

### 3) 독립성

독립성을 방해하는 ‘정보연쇄과급효과(Information cascade)’는 개인이 자신보다 타인의 정보에 의존하는 순간 일어나며 이 순간은 개인의 독립성이 사라지는 순간이기도 하다(Surowiecki, 2004). 소집단의 모델링 수행 중에 독립성이 침해되는 사례는 다음과 같다.

#### 독립성을 침해하는 발화의 예시(소집단 A)

	발화	코드
#12	S4: 일단 여기 자료3번에. 과거에도 막 바뀌었다고 이런 거 있잖아. 이때 막. 이때도 지구 온난화라고 해야 되나? ..(중략).. 다른 이유가 이산화탄소 증가라는 거지. 근데 그 이산화탄소 증가가 산업혁명 이후에 1900년도? 1900년도에 계속 증가했잖아.	C-M4
#13	S1: 그렇습니다.	C-O4
#14	S4: 그 거 때문에 지금. 어. 증가한다는 거지 (중략)	C-M1
#18	S2: 아~	C-O4
#19	S1: 되게 고차원적인 이야기를 해주시는데, 정말 쓸 데 없고요.	C-O1

학생1은 학생4가 제시한 새로운 정보(C-M4)에 대해 단순반론(C-O1)을 제시하였다. 토의 과정에서 학생4가 제시한 의견은 그 이후로 나타나지 않았다. 즉, 학생1은 학생4의 독립성을 침해한 것이다. 위의 예시를 통해, 단순 반론(C-O1)은 논의의 확장을 막는 결과를 가져온다는 점에서 소집단의 모델링 수행에 부정적인 영향을 미치는 발화로 간주할 수 있다.

전체 발화를 분석한 결과 소집단 A에서는 서로 다른 의견이 충돌할 때, 상대의 의견에 구체적인 반론을 제기하는 경우보다 단순 반론을 제기하는 경우가 빈번하게 나타났다. “근데 그건 아니잖아”, “근데 그건 말이 안돼.”, “아닐 수도 있잖아.”, “근데 이걸 너무 좀 그래.” 와 같은 단순 반론은 총 6건이 있었다. 이처럼 소집단 A에서는 타인의 의견에 대해 단순 반론을 제기하는 발화가 만연해 있었다는 것을 알 수 있다.



그림 11. 소집단 A의 전체 발화 코딩 결과

그 결과, 소집단 A에서는 개인 모델의 독립성이 침해되는 사례가 빈번하게 발생했다.

#### 4) 통합

##### 가) 통합의 방식

소집단 A의 합의 모델은 개인 모델을 단순히 한 지면상에 합친 것으로, 학생1의 과학적이지 않은 추론이 제거되지 않고 소집단 모델에 반영되었다.

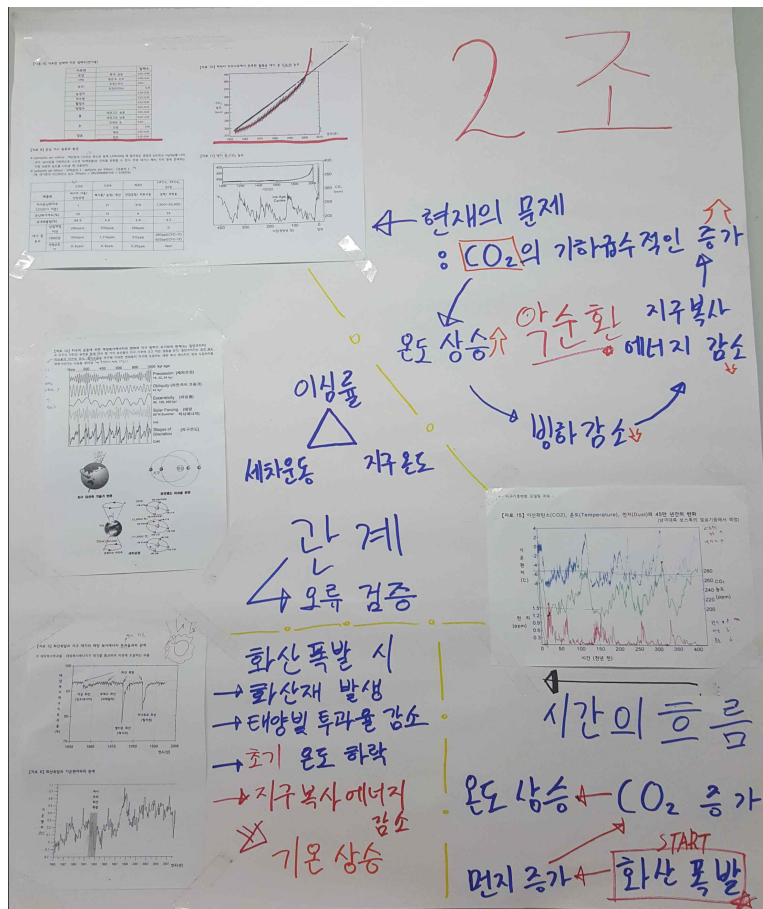


그림 12. 소집단 A의 합의 모델

소집단 A의 모델은 다수의 자료를 포함하고 있지만 정확한 의미에서 통합이 이루어지지 않았다. 초기의 개인 모델이 지면상에 다시 등장 하였지만, 통합된 설명으로 발전하지 못하였기 때문이다. 또한 합의 모델에는 드러나 있지 않지만, 학습의 학생들에게 합의 모델을 공유하는 발표 중에 지구복사 에너지 감소가 CO<sub>2</sub>의 기하급수적인 증가로 이어진다고 한 추론은 제거 되었다. 하지만, 지구복사에너지의 감소가 기온상승을 야기하고, 빙하의 감소가 지구복사에너지의 감소를 야기한다는 학생1의 비 과학적인 추론 2가지는 제거되지 않고 합의모델에 반영되었다.

## 나) 통합 모델의 수준

소집단 A의 통합 모델은 그림과 같이 나타낼 수 있다. 개인 모델은 각각 인간 요인, 자연적인 요인(내적요인), 지구 외적 요인을 고려하여 하였다. 하지만 3가지 요인이 논의를 통해 통합이 이루어지지 않아 지구 온난화를 지지하는 과학적 추론으로 연결되지 못했다.

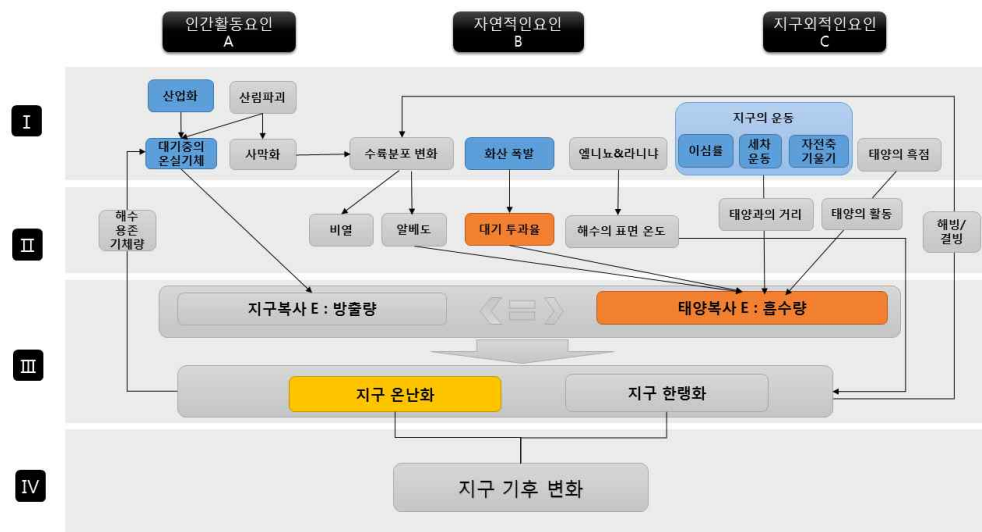


그림 13. 소집단 A의 합의 모델의 추론구조와 수준



소집단 A의 합의 모델은 A, C 영역에서 I 수준, B영역에서 II수준의 추론 수준을 보인다. 추론의 구조를 분석해보면 4가지 데이터를 관찰적 증거로 제시하였으나, 설명적 증거로 연결되지 못했다. 유효한 추론 라인은 0개이다. 학생1의 비과학적 추론은 합의 모델에 반영되었지만, 기후변화를 설명하는 추론이 될 수 없었다.

## 5) 요약

이처럼 소집단 A에서는 모델링이 시작되기 전, 개인 모델구성에서 충분한 다양성이 확보 되었다. 하지만 합의 모델 구성과정에서 의견이 충돌할 때 구체적인 반론 보다는 단순 반론을 제기하는 경우가 많았으며, 개인이 가진 정보의 독립성이 빈번하게 침해되었다. 학생2와 학생3의 경우 B, C영역의 추론의 수준이 II와 III인 개인 모델을 구성하였으나, 학생1에게 집중된(분산화 되지 않은)상호작용으로 발언의 기회를 충분히 갖지 못하여 소집단 모델에 충분히 반영되지 못하였다.

결과적으로 소집단 A의 모델링 수행에서는 집단지성이 발휘되지 않았다. 충분한 다양성이 확보되었음에도 분산화되지 않은 상호작용으로 인해 개인 모델들이 합의 모델을 발전시키기 위한 자원으로 활용되지 못하였기 때문이다. 또한, 소집단 A에서는 이러한 효율적이지 못한 상호작용을 방지할 수 있는 메타인지적 사고가 거의 나타나지 않았다. 그 결과, 모델링 수행과 관련 없는 잡담 등이 반복 되어 나타나도 그것이 제지되지 않았다.

## 나. 사례 2 : 소집단 B

### 1) 다양성

소집단 B는 교육과정 상의 ‘지구 온난화’와 ‘지구 기후변화’에 관한 선행 학습이 되어있지 않은 5명의 고등학교 1학년 여학생들로 구성되었다. 학생들이 구성한 모델의 추론 수준은 I ~Ⅲ수준으로 나타났다. 학생들은 대부분 자연적인 요인을 고려하였으며, 외적 요인과 인간 활동의 요인을 고려한 학생들도 있었다. 구체적인 내용은 다음과 같다.

**표 13.** 소집단 B의 개인 모델 분석 결과

	핵심 근거	사용한 자료	분류	추론 수준
학생1	온실기체, 지구의 운동	4,10,13,15	자연적(B), 외적(C)요인	Ⅲ
학생2	화산폭발, 산업혁명(온실기체)	-	자연적(B) 요인	Ⅱ
학생3	온실기체	2,3,10, 11,12	자연적(B) 요인	I
학생4	화산폭발, 산업혁명(온실기체)	6,9	인간 활동(A), 자연적(B) 요인	I
학생5	흑점 수 증가, 화산폭발	-	자연적(B), 외적(C) 요인	I

소집단 B의 구성원들은 기존에 가지고 있는 경험과 지식, 교사가 제공한 새로운 데이터를 토대로 하여 다양한 개인 모델을 구성하였다. 그 내용은 다음과 같다. 학생 1은 온실기체와 지구 복사에너지의 관계가 지구 온난화를 야기한다는 ‘과학적 사실’을 알고 있으며, 지구의 운동(천문학

적 요인)이 태양 복사 에너지에 영향을 주어 이를 통해 지구의 기후가 변화한다는 ‘개인 모델’을 구성하였다. 학생2는 과거에는 알아서 온도 조절이 일어났으나, 산업화로 인한 온실가스( $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$ )가 많아져 지구 온난화가 진행된다는 개인모델을 구성하였다. 즉, 과거와 현재의 요인을 분리하여 생각하고 있으나, 과거의 기후변화 요인에 대해서는 구체적인 설명이나 증거를 제시하고 있지 않다. 학생3은 교사가 제시한 모든 데이터를 분석하였으며, 산업혁명의 온실가스로 인해 태양복사 에너지가 증가하여 온난화 되었다는 개인모델을 제시하고 있다. 온실가스로 인한 태양복사에너지증가는 ‘태양복사’와 ‘지구복사’를 구분하지 못하여 생긴 오개념이다. 학생4는 자료6, 9를 제시하였고, 화산폭발에 의한 화산재가  $\text{CO}_2$ 의 방출을 막아 온실효과가 커진다는 오개념을 포함하고 있었으며, 태양복사 에너지와 지구 온도 변화 경향이 일치한다는 모델을 제시하였다. 학생 5는 흑점 수의 증가와 화산폭발로 인한 온도의 증가/감소가 균형을 이루었으며, 현재에는 화산폭발과 인간의  $\text{CO}_2$ 사용으로 인해 온도 감소가 일어나지 않는다는 개인 모델을 제시하였다. 이는 오개념이며,  $\text{CO}_2$ 사용이 온도감소와 어떻게 연결되는지에 대한 구체적인 추론이 없다.

소집단 B에서는 학생1, 2를 제외한 학생3, 4, 5는 비과학적 추론을 포함한 개인 모델을 제시하였다. 학생 각 개인은 지구의 운동, 온실기체로 인한 온난화, 화산폭발, 흑점수의 증가와 같이 인간의 활동, 자연적, 외적 요인들을 고려하여 모델을 구성하였다. 즉, 사용한 근거와 추론의 수준 측면에서 개인 모델의 다양성을 확보한 상태로 소집단 모델링 과정을 시작하였다고 볼 수 있다.

## 2) 분산화

소집단 B는 5명의 여학생으로 구성되어있다. 발화의 점유율은 학생 1(18%), 학생2(5%), 학생3(27%), 학생4(16%), 학생5(34%)로 나타났다. 학생2의 발화가 매우 적었으며, 나머지 학생들은 차이가 있었지만, 뚜렷하게 한 학생이 발화를 점유하지는 않았다.

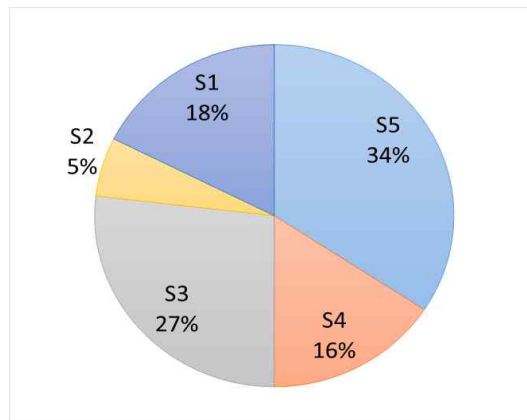


그림 14. 소집단B 학생별 발화점유율

<표 14> 소집단 B의 학생별 발화 횟수를 나타낸 것이다. 가로축에 표시된 학생으로부터 세로축에 표시된 학생에게 향한 발화의 횟수를 나타낸 것이다.

표 14. 소집단 B의 학생별 발화 횟수

	학생1	학생2	학생3	학생4	학생5
학생1	8	5	4	0	2
학생2	3	0	0	0	1
학생3	3	0	6	0	14
학생4	0	0	2	7	8
학생5	1	0	11	6	7

<그림 15>와 같이 소집단 B의 학생들 사이에 오고간 대화를 토대로 학생들의 관계망을 나타내었더니, 별(★)의 형태로 나타났다. 대부분의 학생이 직, 간접적으로 다른 학생과 연결되어있는 상호작용의 구조를 확인할 수 있다.

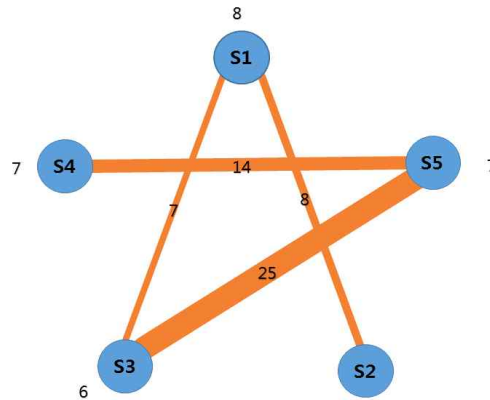


그림 15. 소집단 B의 상호작용 구조

학생2는 초반에 학생1과 최소한의 상호작용을 하였으며, 그 뒤로는 거의 상호작용하지 않았다. 비디오 분석 결과, 모델링 토의 과정 중에도 휴대폰이나 거울을 쳐다보는 등의 행동을 보였다. 학생들은 각각 다른 학생과 약한 연결을 가지고 있었지만, 뚜렷한 상호작용의 중심이 존재하지 않았다. 발화의 점유율과 상호작용의 구조를 분석한 것을 토대로 소집단 B는 비교적 분산화 된 상호작용을 했다는 것을 알 수 있었다.



그림 16. 소집단 B의 토의 장면

### 3) 독립성

소집단 B에서는 서로 다른 모델이 충돌하는 경우에 ‘단순 반론’이 아니라, ‘구체적 반론’이 제기되고 또 다시 그것에 대한 반론을 제기하는 과정을 통해 모델이 점차 진화하였다.

#### 독립성이 유지되며 모델이 정교화 되는 발화(소집단 B)

	발화	코드
#1	S1: 온실가스가 지구온난화를 시키잖아. 온실가스가 지구 기후변화에 영향을 미친다고 했는데, 먼저 온실가스는 지구가 방출하는 긴 파장의 빛을 줘. ...(중략)...내 말은 지금 온실가스가 지구복사 에너지에 영향을 주고 지구 운동이 태양복사에너지에 영향을 줘서 지구 기후를 변화 시켜.	C-M4
	(중략)	
#16	S5: 근데 어진이(S1) 말처럼 이게 이심률도 변하고, 기울기도 변하면은 지구가 변하면은 진짜 그것 땀에 태양이 주는 에너지가 줄어들면 그거에 따라서 온도도 변할 수 있어. 그럴수도 있어. 그런거 같애.	C-03
#17	S4: 근데 점점 높아지니까 상관 없잖아. 높아지면은	
#18	S5: 맞아 점점 높아지는데..	
#19	S3: 태양복사에너지가 높아지는게 이심률이랑, 자전축의 기울기, 세차운동이 있는데 이심률은 이렇게 이 동그라미가 궤도가 찌그러지는걸 말하는데 만약에 많이 찌그러지면은 애랑 멀어질 수도 있는거고 이렇게 찌그러지면 더 가까워 질 수도 있는거잖아. 태양이랑 이심률이많이 지그러져서 태양이랑 가까워지면 태양복사에너지가 높아지잖아.	C-05

학생1은 새로운 정보를 제시(C-M4)하고, 학생5는 그 정보를 검토(C-O3)한다. 학생3은 학생1이 제시한 정보를 확산적으로 수용(C-O5)하였다. 학생1이 ‘지구의 운동’을 언급하고, 학생5는 그것을 ‘이심률’, ‘기울기’로 구체화하고 학생3은 ‘이심율’, ‘자전축의 기울기’, ‘세차운동’으로 구체화 하며, 이심율의 변화와 태양복사에너지 양의 변화를 구체적으로 설명하였다. 학생1의 초기 모델(M1)이 M1''로 진화하는 과정은 공동 구성(Co-construction)의 과정을 통해 일어났다.

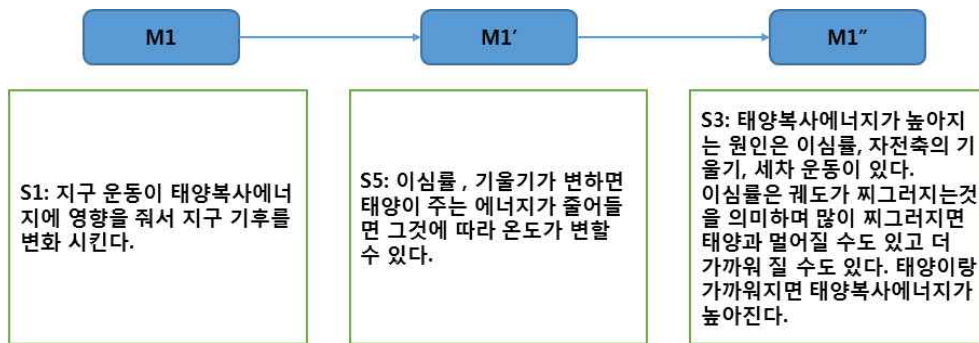


그림 17. 모델의 정교화 과정(소집단 B)

비과학적인 아이디어가 끝까지 유지되는 것이 아니라, 구체적인 반론을 포함한 상호작용을 통해 과학적인 아이디어로 발전해 가는 것 또한 독립성이 유지되는 사례로 볼 수 있다. 개인의 독립성을 위해 아무런 반론을 제기하지 않고, 무조건적으로 존중 하는 것이 집단지성의 발휘에 좋은 것은 아니다. 기존의 모델링 연구에서 확인한 바와 같이, 구체적 반론을 통해 내부 갈등을 일으키는 반증을 제시하는 등의 참여는 초기 모델이 목표 모델에 부합하는 설명 모델로 진화하는 원동력으로 작용하여 모델의 질이 향상되도록 돕는다(이신영, 2012). 구체적 반론을 통해 개인의 모델이 변화하는 것은 모델의 질 향상측면에서 긍정적이다. 그러므로 독립성 ‘침해’ 사례가 아닌 독립성이 ‘유지’되면서 개인 모델이 변화해 가는 것으로 보았다. 위의 사례와 같이 학생4가 새로운 정보를 제시

(C-M4)하고 학생5는 그것에 대해 구체적 반론(C-O2)을 제기한다. 그 결과 학생4는 학생5의 의견을 확산적으로 수용(C-O5)하여 지구 온도와 이심률과의 관련성을 받아들이게 된다.

## 독립성을 침해하지 않으면서 모델이 변화하는 발화의 예시(소집단 B)

### 발화

### 코드

S4: ....(중략 )...세차운동이 달라진다고 해도 점점 높아지는 거  
#45 니까 태양이 주는 빛하고 열은 똑같잖아 양이....(중략 )... 이것 C-M4  
때문에 기후가 변한다고는 생각을...그건 아니라고 생각해.

S5: 야 난 완전 반대야 예현이가 이렇게 말했잖아 . 이런 이  
심율이나 이런기후가 변해도 기후변화가 없다고 생각했다고  
했잖아. 근데 생각을 해봐. 이게 23.5도 이렇게 기울어져 있는  
#48 데 이게 이쪽 북반구랑 남반구랑 비교해서 보면은 이게 이렇 C-O2  
게 바뀌고 이 상태로 여기 있을 때랑 겨울이랑 여름이랑 진  
짜 덥고 춥고가 다르잖아. 근데 거기서 기울기가 아무리 변해  
서 기후변화가 없다는 건 아닌거 같아.

### 중략

#64 S4: 이심률하고 지구온도가 관련이 있는거네 . C-O5

전체 발화를 분석한 결과 소집단 B에서는 구체적 반론의 횟수가 단순 반론의 횟수보다 높게 나타났다. 단순 반론은 2건인 반면, 구체적 반론은 6건이 일어났다. 위의 사례와 같이 소집단 B에서 주로 일어난 구체적 반론은 앞서 제시된 의견에 대해 꼬리에 꼬리를 무는 논증의 형태로 나타나며, 모델의 정교화에 기여하였다. 결론적으로 소집단 B에서는 독립



성이 침해되지 않는 상호작용이 주로 일어났다고 볼 수 있다.

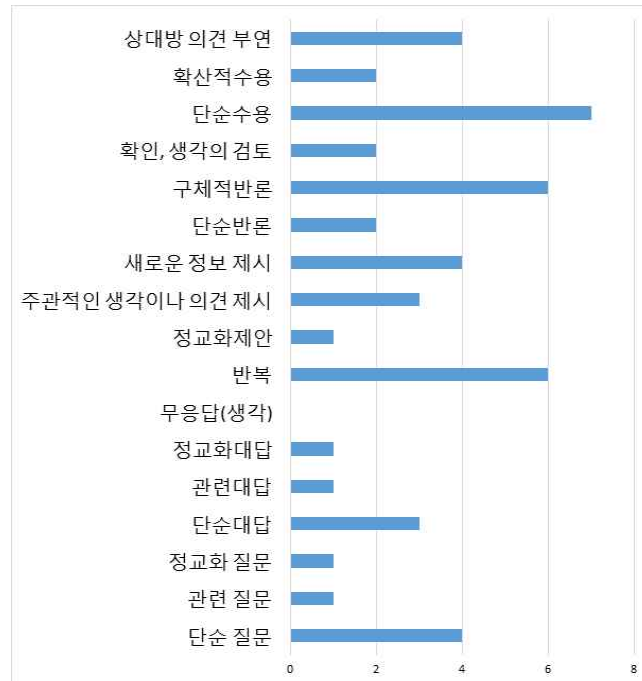


그림 18. 소집단 B의 전체 발화 코딩 결과

#### 4) 공동조절

소집단 B에서는 공동조절에 해당하는 발화가 모델링을 효율적으로 수행하는 것을 도왔다. 사례에서 볼 수 있듯이 학생1과 학생4는 절차계획(M-U2)에 해당하는 발화를 통해 소집단 모델링 과정이 서로의 의견을 공유하는 과정이라는 인식 보여주고, 다음 절차를 안내하는 역할을 하고 있다. 학생5는 내용평가(M-U5)를 통해 토의 과정 중 제시된 의견이 각 개인들의 의견을 반영한 종합적인 의견이라는 것을 파악하여 합의 모델에 반영하는 데에 기여하였다.

##### 공동조절 발화(소집단 B)

	발화	코드
	S4: 나는 뭐라고 했냐면 나는 온실효과 때문이라고 생각했어. 왜냐면 화산 폭발로 인해서 기온 편차가 심해졌잖아. ...(중략)...그래서 나는 그래서 태양 복사에너지 양은 오는 에너지양은 비슷할 거라고 생각해서 이것 때문에 기후가 변한다고는 생각을 그건 아니라고 생각해. 됐어.	C-M4
#45		
#46	S1: 이제 주현이?	M-U2
#47	S3: 야 나 예현이 잘한거 같아.	M-U5

##### 중략

	S1: 나는 우리가 산업 발전 전에는 계속 빙하기도 일어나고 왔다갔다 높아졌다 계속 바뀌었잖아. 근데 그게 기온이 높아지고 낮아지는게 이런 이유도 있고 여러 가지 이유로 그러면서 균형을 유지했었는데, 산업발전 후에 온실가스가 많아지면서 기온이 높아지면서 그 균형이 깨져가지고	C-M2
#70		
#81	S5: 이게 태양이랑 지구랑 잡아당기는 힘이 있는데 , 다른 행성에서도 이게 중력이랑 있잖아 그것 때문에 바뀌는 것도 있	C-M1

고, 모 지나갈때도 좀 중력 그 중력 때문에 바뀌는 것도 있고, 중력. 응 그것 땀에.. 그래서 결론은, 이 이심률이랑 기울기가 산업혁명 전에는 이런 것 땀에 그런..

- |     |                                     |      |
|-----|-------------------------------------|------|
| #82 | S4: 균형이 있었는데                        | C-O6 |
|     | S5: 어 있었는데 지금은 이제 산업혁명 들어오면서 지금 딱   |      |
| #83 | 이런 시긴데. 여기서 또 지구 온난화 땀에 온도가 높아 진거지. | C-M1 |
| #84 | S4: 온실가스 땀에?                        | C-O6 |
| #85 | S5: 딱 이게 종합적인거지.                    | M-U5 |
| #86 | S4: 이제 예진이                          | M-U2 |

소집단 B에서는 내용평가 3건, 절차계획 4건, 과제계획 2건으로 총 9건의 공동조절 발화가 있었다. 다른 발화요소에 비해 높은 빈도는 아닐 수 있으나, 구체적인 발화의 맥락을 확인해보면, 소집단 모델링 과정을 효율적으로 이끄는 데 기여했다는 것을 알 수 있다.

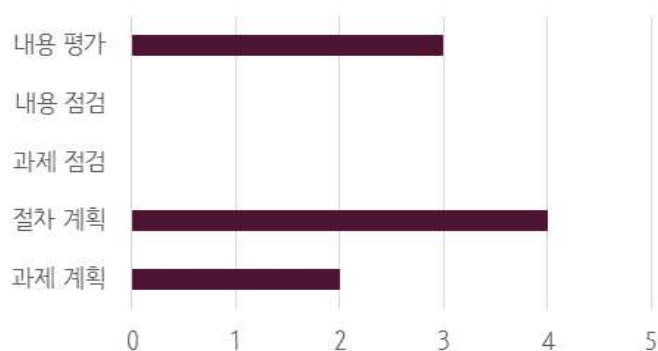


그림 19. 공동조절 발화 코딩결과(소집단B)

## 5) 통합

### 가) 통합의 방식

소집단 B에서는 토의 과정에서 시간의 흐름에 따라 과거, 현재로 기후 변화에 영향을 미치는 지배적인 요인을 구분하자는 의견이 나왔다. 이것은 개인 모델에서는 없던 것으로, 토의를 통해 받아들여졌다. 그 결과 소집단 B는 개인 모델의 합 이상으로 정교화된 합의 모델을 구성하였다.

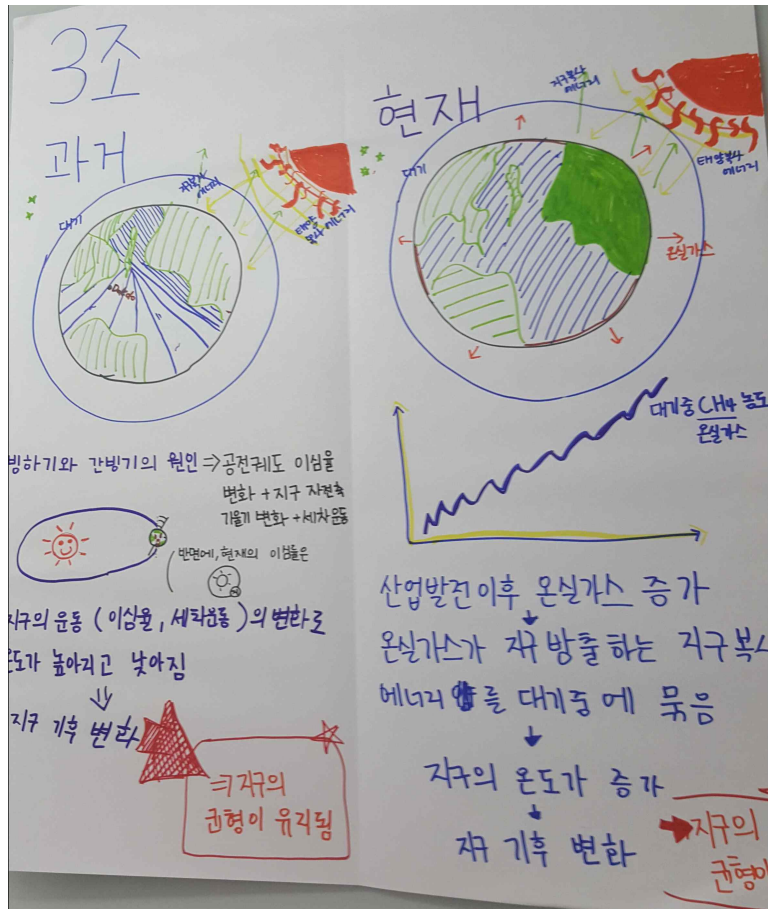


그림 20. 소집단 B의 합의 모델

소집단 B의 모델은 다수의 자료를 포함하고 있지는 않다. 하지만, 초기에 5명의 학생 중 3명의 학생이 비과학적 추론으로 이루어진 오개념을 가지고 있었지만, 토의 과정에서 구체적 반론과 정교화를 통해 제거되어 합의 모델에는 비과학적 추론이 나타나지 않았다.

## 나) 합의 모델의 수준

소집단 B의 합의 모델은 그림과 같이 나타낼 수 있다. 인간 활동 요인, 지구 외적 요인의 추론 수준은 모두 IV에 해당한다. 인간 활동 요인과 지구외적 요인 관련 데이터로부터 지구 기후변화를 설명하는 추론 라인은 2개이다.

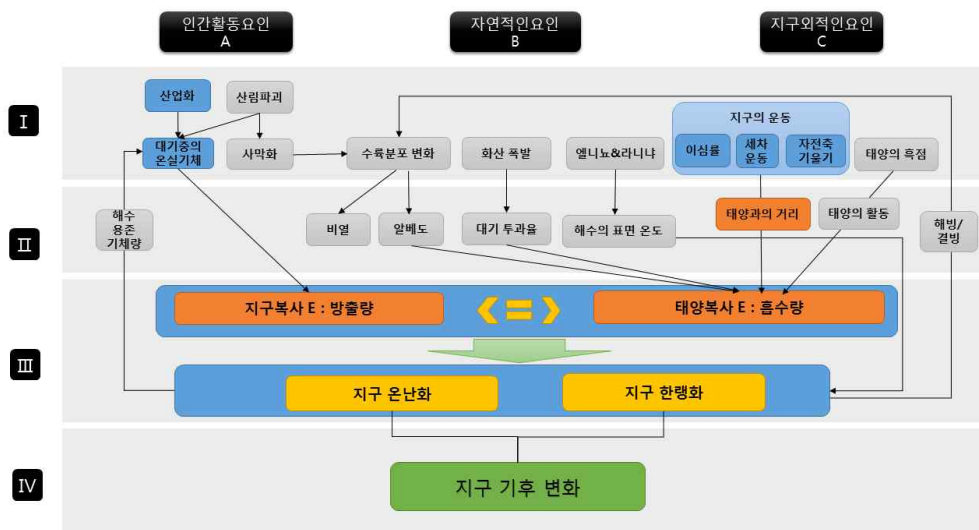


그림 21. 소집단 B의 합의 모델의 추론구조와 수준

## 6) 종합

소집단 B의 개인 모델에서는 사용된 근거와 추론의 수준의 다양성이 충분히 확보되었다. 학생2가 토의에 거의 참여하지 않았지만 한 사람에게 집중된 상호작용을 하지 않았으며, 특별한 상호작용의 중심이 존재하지 않았다. 학생2는 인터뷰 결과 평소 과학관련 활동에 대한 자신감이 낮은 학생으로, 개인 모델(B-II)을 잘 구성하였음에도 상호작용에 거의 참여하지 않아 합의 모델에 반영되지 못했다. 또한, 서로 의견이 다른 경우에도 독립성을 침해하지 않으면서 구체적 반론을 제시하여 모델이 수정되고 정교화 되었다. 그 결과 개인모델의 추론 수준(I ~ III)을 넘어서는 추론수준 IV의 모델을 구성하였다. 특징적인 것은 소집단B의 모델링 수행 중에 공동 조절을 통해 소집단 모델링 절차가 균형 있게 이루어졌다는 것이다. 정리하자면, 분산화 된 상호작용과 독립성을 침해하지 않는 발화 그리고 메타인지를 통해 개인의 합 보다 나은 소집단의 결과물을 도출 한 것이다. 즉, 소집단 B의 모델링 수행에서는 집단지성이 잘 발휘 되었다고 볼 수 있다.

## 다. 사례 3 : 소집단 C

### 1) 다양성

소집단 C는 4명의 고등학교 1학년 여학생으로 구성되었다. 학생들이 구성한 모델의 추론 수준은 I ~ II 수준으로 나타났다. 학생들은 모두 자연적인 요인과 인간 활동의 요인만을 고려하였다. 외적요인을 고려한 학생은 없었다. 구체적인 내용은 다음과 같다.

**표 15. 소집단 C의 개인 모델 분석 결과**

	핵심 근거	사용한 자료	분류	추론 수준
학생1	지표면상태, 대기 성분 변화(기체의 비열)	9,12,13	자연적(B)요인	II
학생2	산업화(온실기체),해빙, 사막화	-	인간 활동(A), 자연적(B)요인	I
학생3	화산폭발(태양복사투과율 감소)	5,6	자연적(B)요인	II
학생4	산업화(CO2),해빙	8,11	자연적(B)요인	II

학생1은 알베도, 비열과 같은 과학적 개념을 통해 지구 기후 변화를 설명하려 했는데, 알베도 증가요인(사막화)과 감소요인(해빙)중 감소요인이 더 크기 때문에 기온이 증가한다는 것과, 대기 구성 비율(CO<sub>2</sub>비율)이 달라짐으로 인해 기체의 비열이 변화하여 기온이 변화한다는 개인 모델을 구성하였다. 이 개인 모델은 과학적 개념과 비과학적 추론을 모두 포함하고 있다. 또한 기체의 비열을 통해 기온변화를 설명하는 것에는 명확한 근거를 제시하지 못하였다. 학생2는 지구 온난화로 인한 해빙이

지구온난화를 가속화 시키며, 사막화로 인해 지구온난화가 가속화 된다는 개인 모델을 구성하였다. 이는 지구 온난화의 원인을 지구 온난화로 귀속시킴으로써, 주장의 근거로써 같은 주장을 제시한 셈이 된다. 학생3은 수업의 목표인 ‘모델 구성’을 ‘실물 모델 개발’로 인식하여, 화산 폭발에 의한 기후변화를 설명하는 실물모델 설계를 제안하였다. 하지만 기후변화의 요인으로서 화산폭발이 어떻게 기후변화를 가져오는지에 대해 과학적인 추론을 포함하고 있었다. 학생4는 산업화에 따른 CO<sub>2</sub>증가를 기후변화의 원인으로 지목하였으나, 관찰적 증거로써만 제시하였고, 어떠한 인과관계를 가지는지 구체적으로 설명하지 않았다.

소집단 C에서는 외적 요인을 고려한 학생이 없었다. 또한 각 개인은 지구기후변화로 이어지는 완성된 모델을 구성하지 못하였다. 또한 다양한 관찰적 증거를 사용하지 않았으며, 대부분 지구기후변화와 지구온난화를 동일시하는 잠정적 결론을 가지고 있었다. 또한 추론의 수준도 I ~ II 수준으로 사용된 근거와 추론 수준에 있어서 충분한 다양성을 확보하지 못한 상태로 소집단 모델링 과정을 시작하였다.



## 2) 분산화

소집단 C는 4명의 여학생으로 구성되어있다. 발화의 점유율은 학생 1(29%), 학생2(38%), 학생3(2%), 학생4(31%)로 나타났다. 학생2 에 치우친, 세 학생(S1,S2,S4)의 강한 연결이 나타난다. 학생3은 거의 소집단 토의에 참여하지 않았으며, 나머지 세 학생(학생1,2,4)은 거의 비슷하게 발화를 점유하였다.

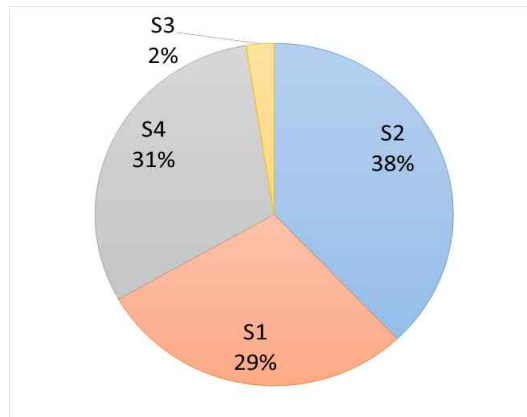


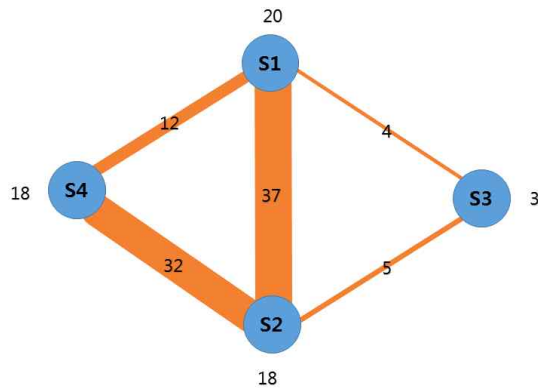
그림 22. 소집단C 학생별 발화점유율

<표 16>은 소집단 C의 학생별 발화 횟수를 나타낸 것이다. 가로축에 표시된 학생으로부터 세로축에 표시된 학생에게 향한 발화의 횟수를 나타낸 것이다.

표 16. 소집단 C의 학생별 발화 횟수

	학생1	학생2	학생3	학생4
학생1	20	18	0	7
학생2	19	18	2	14
학생3	4	3	3	0
학생4	5	18	0	18

<그림 23>과 같이 소집단 C의 학생들 사이에 오고간 대화를 토대로 상호작용의 구조를 나타낸 결과는 다음과 같다.



**그림 23.** 소집단 C의 상호작용 구조

발화를 기준으로 볼 때 학생1, 2, 4는 강한 연결을 보이는 반면 학생3은 거의 토의에 참여하지 않았다. 하지만 비디오 분석 결과, 학생1, 2, 4를 중심으로 상호작용의 영역이 구획될 때, 학생3은 자리를 옮기며 상호작용에 참여하려 했음을 확인할 수 있었다.



**그림 24.** 소집단 C의 토의 장면

발화의 점유율과 상호작용의 구조를 분석한 것을 토대로 소집단 C는 학생3을 제외하고는 비교적 분산화된 상호작용을 했다는 것을 알 수 있었다.

### 3) 독립성

소집단 C에서 독립성이 침해된 사례는 다음과 같다. 학생1이 의견을 제시(C-M3)하자 학생2는 단순 반론(C-O1)을 제시한다. 서로 다른 의견이 등장했을 때, 구체적인 반론을 제시하면 논의가 확장될 가능성이 높아지지만, 위의 사례와 같이 단순 반론으로인해, 더 이상 논의가 지속되지 못하였다.

#### 독립성 침해 사례1 (소집단 C)

	발화	코드
#52	S1: 반사율이 감소해서 최근의 기온이 증가한다고 썼어.	C-M3
#53	S2: 아니야. 니 얘기랑 내 얘기랑 달라.	C-O1
#54	S1: 그래 맞아 너랑 나랑 달라.	C-R1

다른 사례로 단순 반론이 없었지만 독립성이 침해된 사례이다. 학생3의 개인 모델은 학생1, 2, 4의 모델에 없는 근거를 사용한 것이었고, 어떠한 반론도 제기하지 않았지만, 그 뒤로 합의 모델 구성과정에서 언급되지 않았다.

#### 독립성 침해 사례2 (소집단 C)

	발화	코드
#10	S3: 나는 자료 5, 6번 보면, 화산폭발에 대한 기후변화 그 기후변화의 자료가 있거든. 난 이 화산폭발이 일어날 때 그 태양복사 투과율이 줄어드는 거랑 기온이 내려가는게 화산재가 그 태양 태양이 지구로 닿는걸 막 방해했다고 생각했어.	C-M4
#11	S1: 그림을 그렸어. 와~	

- #12 S3: (그림을 보여주며)여기에다가 막 그 화산재를 표현하여 놓고 잡아당기면
- #13 S1: 실험을 설계했어. 대박
- #14 S3: 그래서 여기에 빛센서랑 온도계를 설치해 가지고
- #15 S2: 애를 잡아당기면 화산재가 나오는 거야? C-Q2
- #16 S3: 어 C-R2
- #17 S1: 와
- #18 S2: 그리고 여기가 태양? 아 그래서 온도변화를 본다고. C-O3

소집단 C의 전체 발화 코딩결과를 보면 단순반론이 5건인 것에 반해 구체적 반론은 1건에 그쳤다. 결과적으로, 소집단 C의 모델링 수행에서는 독립성이 유지되며 합의 모델에 기여하는 상호작용 보다는 독립성이 침해되는 사례가 빈번하게 나타났다.

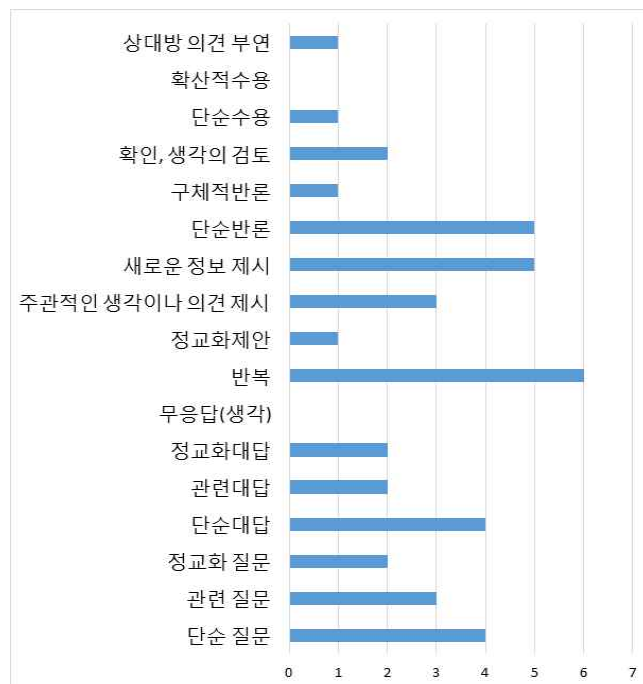


그림 25. 소집단 C의 전체 발화 코딩 결과

#### 4) 공동조절

소집단 C의 발화에서 공동조절 관련 발화 개수는 23개로 4개의 소집단 중 가장 높은 횟수이다. 절차계획에 해당하는 발화는 거의 학생4에게서 나타났다. 학생4는 평소에 소집단 중심의 학습에 익숙하고 선호하는 학습방법이라는 것을 인터뷰를 통해 알 수 있었다. 소집단 C에서는 공동조절 관련 발화가 총 23건 나타났다. 그 중 내용평가(M-U5)가 5건, 내용점검(M-U4)이 5건으로 가장 많았다.

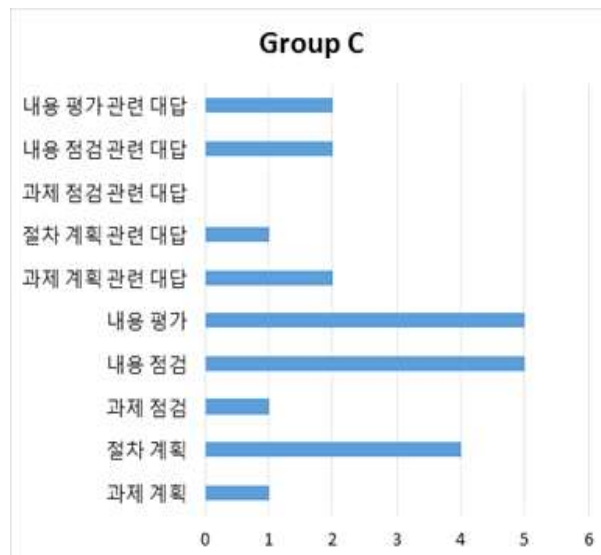


그림 26. 공동조절 발화 코딩 결과(소집단C)

가장 높은 빈도수를 보이는 내용평가(M-U5)에 해당하는 발화의 예시는 다음과 같다.

## 공동조절 발화 예시(소집단 C)

	발화	코드
	S4 : 왜냐하면 용해도 이게 지구 온난화 보충이잖아 . CO 그거	
#26	그러니까 뭐라 해야 돼냐 해빙 녹고 그러니까 이게 근거를 여기서 찾은 거지 새로운 발상이 떠오른건 아니야 .	M-U4
#27	S2 : 새로운게 없어.	M-U5
#28	S4 : 근거가 다 여기서 나온 거지	C-M1
#29	S2 : 새로운게 없으니까 쓸게 없어 사실.	C-M1

학생4는 교사가 제시한 자료의 내용을 평가하고, 소집단의 합의 모델도 새로운 것이 없다는 내용을 평가하는 의견을 제시하고 있다. 내용을 평가 하지만 발전적인 논의로 나아가지 않은 것을 알 수 있다. 소집단 C에서 나타난 ‘내용 평가’의 발화는 대부분 예시와 같은 양상을 보였다.

## 5) 통합

### 가) 통합의 방식

개인 모델이 소집단 토의 과정에서 검토되어 하나의 모델로 통합된 모델이 구성되었다. 또한, 개인모델에 나타나지 않았던 요인들도 제시된 자료를 함께 검토하는 과정을 거쳐 합의 모델에 포함되었다.

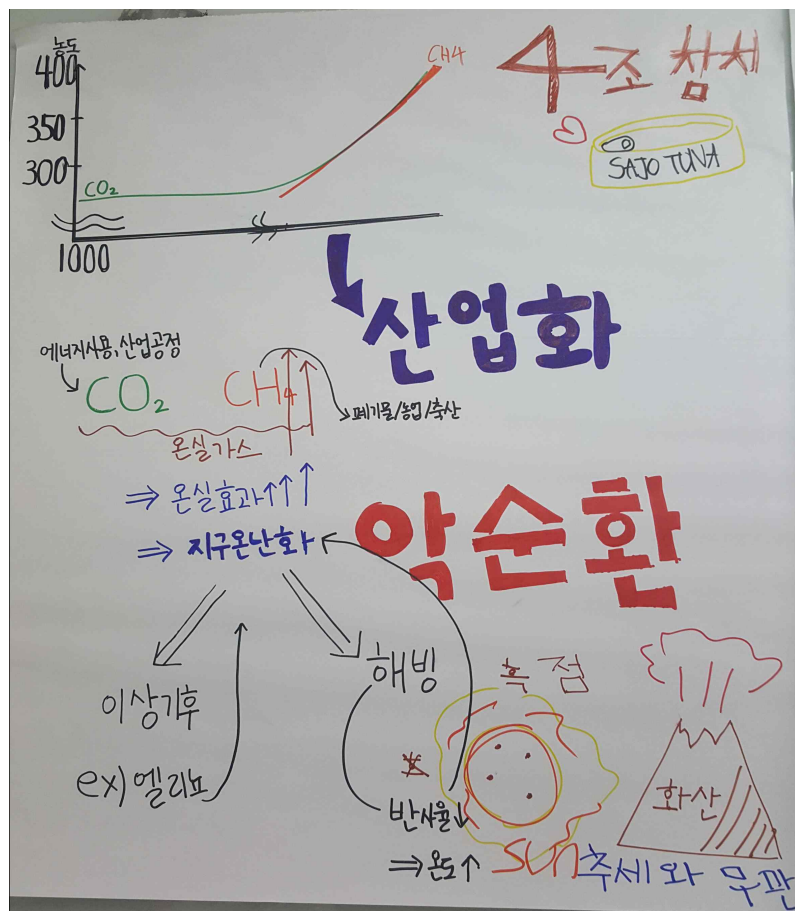


그림 27. 소집단 C의 합의 모델

## 나) 합의 모델의 수준

소집단 C의 합의 모델은 그림과 같이 나타낼 수 있다. 소집단 C의 경우 다른 소집단과 달리 개인 모델에서 지구 외적 요인을 고려한 학생이 한명도 없었다. 하지만, 자료를 함께 검토하는 과정에서 태양흑점은 지구 온난화의 현제 추세와는 무관하다는 결론 내렸고, 합의 모델에 포함시켰다. 다양한 자연적인 요인과 인간 활동 요인을 고려하였으나, 구체적인 반론이나 확장된 논의를 통해 지구 기후변화를 지지하는 추론으로 발전하지 못하였다.

추론의 구조 측면에서 4가지의 관찰적 증거를 제시 하였으나, 설명적 증거로 연결되지 못했다. A영역에서 추론수준 I, B영역에서 추론수준 II를 보인다. 기후변화로 이어지는 유효한 추론라인은 0개 이다.

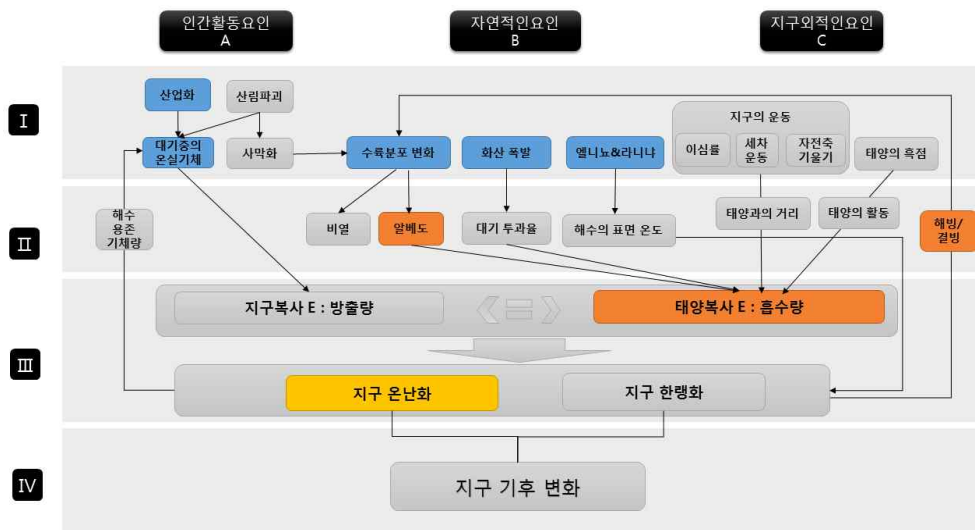


그림 28. 소집단 C의 합의 모델의 추론구조와 수준



## 6) 종합

소집단 C의 모델링 과정과 결과를 분석한 것을 종합하면 다음과 같다. 소집단 C에서는 모든 학생이 기후변화의 인간, 자연 요인만을 고려하였다. 그 결과 개인모델의 다양성이 충분히 확보되지 않아 소집단 모델도 그 이상으로 확장되지 못하였다. 하지만, 공동조절을 통해 데이터를 함께 검토하는 과정이 자연스럽게 나타났다. 그 결과 개인 모델에 등장하지 않았던 데이터를 합의 모델에 포함시킬 수 있었다. 하지만, 설명적 증거로 이어지는 추론으로 확장되지는 못했다.

또한 ‘내용평가’가 빈번하게 일어났지만 그 내용을 자세히 보면 대부분, 학교에서 이미 선행 학습한 것이라는 평가에 그쳐 발전적인 논의가 이루어지지 못하였다. 4명의 학생 중 3명의 학생은 활발히 상호작용 했지만, 한 학생은 거의 대화에 참여하지 못했다. 즉, 상호작용의 분산화도 잘 이루어지지 않았으며, 그 상호작용 영역에 포함되지 않은 학생3은 다른 학생들이 생각하지 못한 개인 모델(B영역-II수준)을 구성하였음에도, 그것이 최종 합의 모델에 거의 반영되지 않았다. 결과적으로, 소집단 C의 모델링 수행에서 집단지성은 잘 발휘되지 않았다.

## 라. 사례 4 : 소집단 D

### 1) 다양성

소집단 D는 ‘지구 온난화’와 ‘지구 기후변화’에 관한 학습을 한 경험이 있는 5명의 고등학교 2학년 남학생들로 구성되었다. 학생들이 구성한 모델의 추론 수준은 I ~ IV으로 나타났다. 학생들은 대부분 인간 활동, 자연적, 외적 요인들을 모두 고려하였으며, IV수준의 추론을 보인 학생들도 있었다. 고등학교 2학년은 교육과정상 학교 수업에서 ‘지구기후변화’에 대해 학습을 한 상태이기 때문에 다른 소집단에 비해 상대적으로 높은 추론 수준과 다양한 요인을 고려한 기후변화 모델을 구성하였다.

**표 17. 소집단 D의 개인 모델 분석 결과**

	핵심 근거	사용한 자료	분류	추론 수준
학생1	온실기체, 해빙, 화산폭발, 지구의 운동	5,12,15	인간 활동(A), 자연적(B), 외적(C) 요인	II
학생2	인구증가 및 산림파괴(온실기체증가), 화산폭발, 지구의운동(지구궤도 이심율)	2,5,6,9	인간 활동(A), 자연적(B), 외적(C) 요인	IV
학생3	과거: 화산폭발 현재:산업화(온실기체증가) 공통원인: 반사율, 태양의 일사량, 이심률주기	3	인간 활동(A), 자연적(B), 외적(C) 요인	I
학생4	주기적인 기온변화는 자연적, 산업화, 온실기체 증가	3,8,11	자연적(B), 인간 활동(A)요인	I
학생5	온실기체, 지구의 운동	12	인간 활동(A), 자연적(B), 외적(C) 요인	IV

학생1은 관찰적 증거와, 설명적 증거로 이어지는 몇 가지 추론을 포함하였다. 온실기체에 의해 지구 기온이 상승하고, 그 결과 해빙 면적의 감소로 인한 알베도 감소가 기온 상승을 가속화 한다는 모델을 구성하였다. 자료12를 통해 대기 중 탄소(C)의 증가 원인은 화석연료의 사용이라고 함으로써, 인간 활동의 요인을 근거로 사용하였다. 또한 자료15를 통해 지구 온도 변화의 경향을 일반적으로 설명하였으며, 화산폭발에 의한 태양복사 투과율이 기온 변화에 영향을 줄 수 있음을 설명했다. 학생2는 기후변화의 내적 요인과 외적요인을 구분하는 모델을 구성하였다. 내적 요인으로 인구 수 증가로 인한 CO<sub>2</sub>발생이 온실효과를 과도하게 일으키며, 해수의 기체 용해도 감소가 또다시 대기 중 CO<sub>2</sub> 증가를 야기하는 순환의 고리를 설명하였다. 화산활동에 의한 태양복사에너지 감소를 또 다른 내적요인으로 제시하였다. 외적인 요인으로서는 이심률의 변화를 관찰적 증거로 사용하고, 그에 따른 태양 복사 에너지량의 차이를 설명적 증거로 제시하였다. 다양한 관찰적 증거와 설명적 증거를 통해 기후변화를 설명하는 높은 수준의 추론을 보였다. 학생3은 자료3을 근거로 지구의 기온 변화 경향을 설명한다. 또한 과거에는 화산의 폭발이나 이심률의 변화 같은 자연적, 외적 요인의 영향으로 기후가 변화했고, 현재는 산업화로 인해 CO<sub>2</sub>발생의 증가로 온실효과가 과도하게 일어나 온도가 증가했다는 개인 모델을 구성하였다. 관찰적 증거의 측면에서 인간 활동, 자연적, 외적 요인과 관련된 자료를 제시하였지만, 설명적 증거는 제시하지 않았다. 학생4는 자료3을 근거로 기온 변화는 원래 자연적인 현상이라는 것을 주장한다. 자료11을 통해서는 1950년대 이후 산업혁명과 같은 인간 활동의 영향으로 CO<sub>2</sub>발생량이 증가하고, 그로 인해 지구 온난화가 발생했다는 모델을 구성하였다. 관찰적 증거의 측면에서 인간 활동의 요인과 자연적인 요인과 관련된 자료를 제시하였지만, 설명적 증거는 제시하지 않았다. 학생5는 내적 요인으로서는 온실가스 증가와 반사율, 외적 요인으로서는 이심률, 세차운동, 기울기 변화를 제시하였다. 모두 자료에 근거한 관찰적 증거에 해당한다. CO<sub>2</sub>와 같은 온실기체가 어떻게 지구의 기온을 상승시키는지를 복사평형의 개념을 통해 설명하였다.

## 2) 분산화

소집단 D는 5명의 남학생으로 구성되어있다. 발화의 점유율(개별 발화 수/전체 발화 수)은 학생1(36%), 학생2(35%), 학생3(8%), 학생4(4%), 학생5(17%)로 나타났다. 학생3과 학생4는 매우 낮은 발화 비율은 나타냈으며, 학생1과 학생2의 발화 비율은 높은 편이었다.

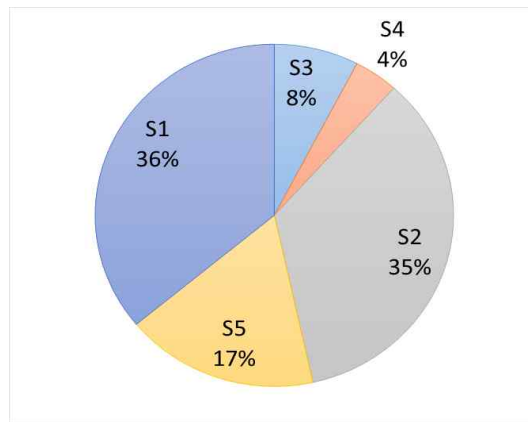


그림 29. 소집단D의 학생별 발화점유율

<표 18>은 소집단 D의 학생별 발화 횟수를 나타낸 것이다. 가로축에 표시된 학생으로부터 세로축에 표시된 학생에게 향한 발화의 횟수를 나타낸 것이다.

표 18. 소집단 D의 학생별 발화 횟수

	학생1	학생2	학생3	학생4	학생5
학생1	17	32	1	1	7
학생2	33	11	3	1	7
학생3	1	3	6	0	2
학생4	0	0	1	3	0
학생5	8	17	1	0	18

학생들 사이에 오고간 대화를 토대로 상호작용의 구조를 나타낸 결과, 학생2를 중심으로 다른 학생들이 연결된 형태로 나타났고, 학생1과 학생 2 사이의 강한 연결이 나타났다. 특히 학생1, 학생2, 학생5의 세 학생의 상호작용이 활발하게 나타나 소집단 A와 유사한 관계망을 보이나, 다른 점은 한 학생에게 전적으로 치우친 상호작용을 보이지 않았다. 소집단 D에서는 세 학생의 상호작용의 영역이 확실히 나누어졌고, 그 안에서는 분산화가 잘 이루어졌으나, 소집단 전체에서는 잘 이루어지지 않았다.

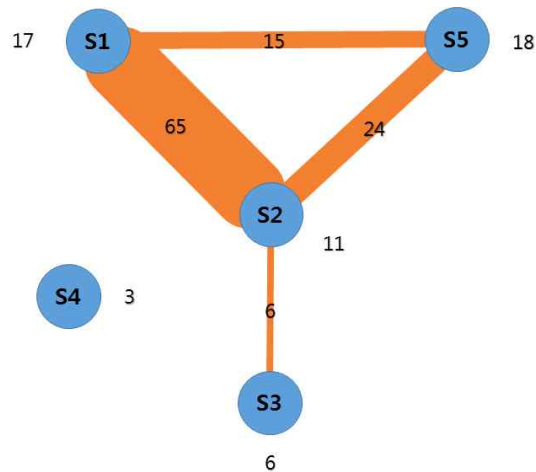


그림 30. 소집단 D의 상호작용 구조

### 3) 독립성

소집단 D에서는 7건의 반론이 나타났는데, 그 중 구체적 반론(C-O2)이 6건으로 단순 반론(C-O1)이 1건인 것에 비해 높게 나타났다. 이러한 구체적인 반론은 대부분 학생1과 학생2 사이에서 나타난 것으로, 다른 학생의 의견을 경청하고 의문을 제기하는 구체적 반론은 새로운 정보를 검토하여 정교화하거나 제거하는데 기여하였다.

#### 구체적 반론의 사례(소집단 D)

	발화	코드
#23	S2 : 또한 온도가 높아지면 빙하가 녹고 반사율이 낮아지게 되며, 받는 태양복사에너지가 증가하게 되어	C-M4
#24	S1 : 왜요?	C-Q1
#25	S2 : 반사율이 낮아진다. 그 말은 직접적으로 더 많이 받는다 는 거잖아.	C-R3
#26	S1 : 네 그렇죠.	C-R1
#27	S2 : 그렇게 되면 이제 상대적으로 연쇄적으로 더 더워지게 되는 것이죠. 이제 다른 내적인 요인으로..	C-M4
#28	S1 : 아니면 사막화가 진행되잖아.	C-O2
#29	S2 : 그걸로 상쇄가 되지만, 빙하로 인한 게 더 크기 때문에	C-O2
#30	S1 : 증거는 없습니까?	C-Q1
#31	S2 : 없습니다.	C-R1

전체 발화를 분석한 결과 새로운 정보의 제시(C-M4)가 24건으로 가장 많은 빈도를 보였으며, 대부분 학생1과 학생2의 발화에 해당한다.



그림 31. 소집단 D의 전체 발화 코딩 결과

## 4) 통합

### 가) 통합의 방식

소집단 D의 토의 후반부에서 학생1은 개인 모델에 나타나지 않았던 과거, 현재로 기후변화에 영향을 미치는 지배적인 요인을 구분하자는 의견을 제시했다. 합의 모델 구성에 반영되었고, 그 결과 소집단 B는 개인 모델의 합 이상으로 정교화된 합의 모델을 구성하였다.

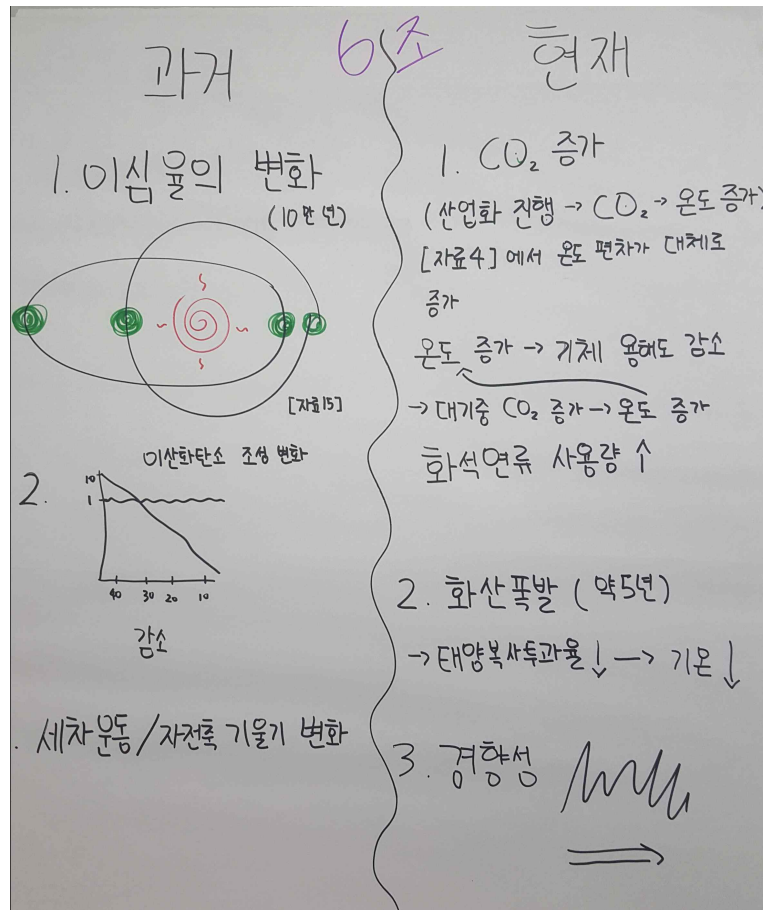


그림 32. 소집단 D의 합의 모델



소집단 D의 합의 모델은 다양한 관찰적 증거를 포하고 있다. 합의 모델 지면상에 개조식으로 서술된 내용은, 학급에 소집단 모델을 공유하는 발표시간에 구체적인 추론 내용과 함께 설명되었다. 모두 과학적인 추론으로 관찰적 증거와 설명적 증거를 연결하고 기후변화를 설명하는 유효한 추론에 해당하였다.

## 나) 합의 모델의 수준

소집단 D의 합의 모델은 <그림 33>과 같이 나타낼 수 있다. 인간 활동 요인, 자연적인 요인, 지구 외적 요인의 추론 수준은 모두 IV에 해당한다. 즉, 지구 기후변화로 이어지는 유효한 추론 라인은 3개이다. 학생1과 학생5의 초기 모델에 IV수준의 추론이 포함되어 있었으며, 토의를 통해 기후변화의 요인을 과거와 현재로 구분하여 제시함으로써, 3개의 추론 라인이 모두 유효하게 하나의 모델에 통합될 수 있었다.

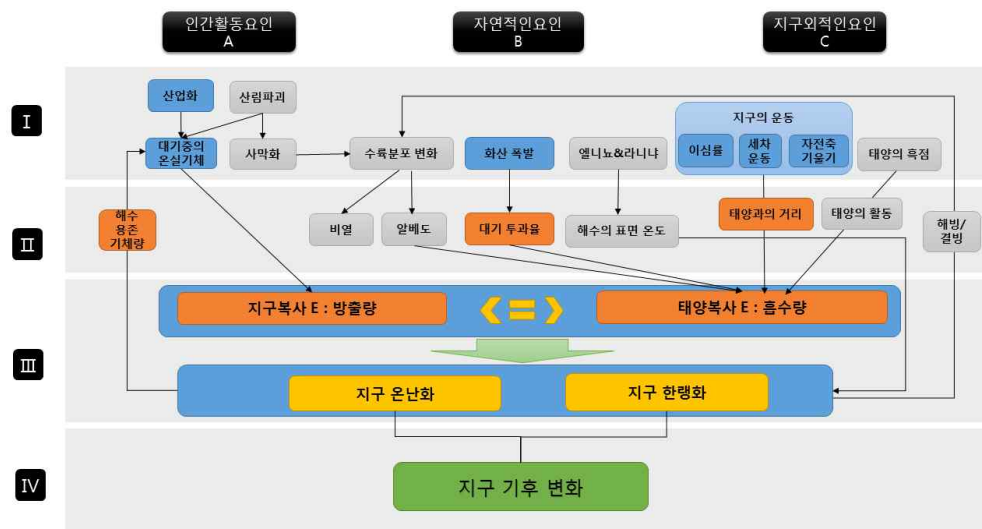


그림 33. 소집단 D의 합의 모델의 추론 구조

## 5) 요약

소집단 D에서는 모델링이 시작되기 전, 개인 모델에 사용된 근거와 추론의 수준 측면에서 충분한 다양성이 확보되었다. 합의 모델 구성 과정에서 학생1은 새로운 의견에 대해 의문을 가지고, 끊임없는 질문을 통해 개인의 모델이 정교화 되었다. 공동 구성이 토의 중에 드러나지는 않았지만 토의가 끝나갈 무렵, 내면에서 정교화 된 개인모델을 제시하였고 그것이 합의 모델에 반영되었다. 과거와 현재를 나누는 관점은 다른 학생들의 개인 모델에서만 발견되었던 것이었다.

소집단 D의 모델링 수행에서 집단지성이 매우 잘 발휘되지는 않았으나, 학생1, 2, 5의 개인모델의 추론 수준은 각각 II,IV,IV로 학생3과 학생4가 상호작용에 적극적으로 참여하지 않았음에도, 합의 모델의 추론 수준은 IV수준으로 구성되었다. 상호작용에 적극적으로 참여했던 학생들은 공동구성이 일어나기 전 초기 모델에서 이미 높은 수준의 추론을 구성하여, 큰 어려움 없이 높은 수준의 합의 모델을 구성할 수 있었다.

### 3. 소집단별 집단지성의 양상 요약

4개의 사례 중 집단지성의 조건이 모두 충족된 소집단은 B, 모두 충족되지 않은 소집단은 A였다. 이 두 사례는 가장 대조적인 양상을 보였다. 소집단 C와 D는 개인 모델의 다양성과 상호작용의 분산화가 잘 이루어지지 않은 결과를 잘 보여주는 사례이다.

소집단 A의 경우 초기 모델의 다양성이 충분히 확보 되었음에도 불구하고, 학생1에게 집중된 모델링 수행은 다른 학생들이 가진 인지적 자원을 충분히 활용하지 못하는 결과를 초래하였다. 대부분의 반론은 ‘단순 반론’이었고, 그 결과 개인이 가진 정보의 독립성이 빈번하게 침해되었으며, 모델링 수행에 도움이 되는 인지적 공동조절은 나타나지 않았다. 결국 개인모델의 단순히 더한 것보다 못한 합의 모델을 구성하게 된다. 소집단 A는 낮은 수준의 집단지성을 보였다.

소집단 B의 경우 가장 높은 수준의 집단지성을 보였다. 초기 개인 모델에 사용된 증거와 추론의 수준 측면에서 충분한 다양성이 확보되었지만, 많은 비과학적인 추론이 포함되어 있었다. 하지만, 분산화된 상호작용과 개인 모델에 대한 존중으로 정보의 독립성을 유지하며 모델을 정교화 하였고, 적절한 시기의 인지적 공동조절은 모델링 수행을 효과적으로 이끌었다.

소집단 C의 경우 개인모델의 다양성이 충분히 확보되지 않은 상태로 모델링이 시작되었다. 애초에 활용할 수 있는 인지적 자원이 다양하지 않았기 때문에, 합의 모델에서도 그 이상의 증거의 사용이나 추론수준의 향상을 보이지 않는다. 하지만, 공동조절의 발화가 가장 많이 나타난 소집단으로, 주어진 자료를 하나씩 함께 검토한 것은 합의 모델 구성에 긍정적인 영향을 줄 수 있었다. 하지만, 이미 지구 기후 변화를 지구 온난화와 동일시하는 강한 선개념이 자리 잡고 있었기 때문에, 기후변화의 지구 외적 요인에 대해서는 검토하지 않았으며 모델이 더 이상 정교화 되지 못했다.

소집단 D의 경우 집단지성의 조건이 모두 충족된 것은 아니지만, ‘기

후변화’에 대해 학습한 경험이 있는 학생들이었기에, 초기모델의 추론 수준이 다른 소집단에 비해 월등히 높았으며, 사용된 증거도 다양했다. 그 결과, 상호작용의 분산화가 충분히 일어나지 않았음에도 다양한 요인을 고려한 높은 추론수준을 보이는 합의 모델을 구성할 수 있었다.

4개의 사례를 통해 각각의 집단지성의 조건이 모두 충족 된 경우 집단 지성의 수준이 가장 높게 나타나는 것을 확인 할 수 있었다.

**표 19. 소집단별 집단지성의 양상 요약**

		소집단 A			소집단 B			소집단 C			소집단 D		
개인 모델	영역	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
	추론 수준	I	I I II	I III	I	I I I II III	I III	I	I II II II	-	I I II IV IV	I I II IV IV	I II IV IV
소집단 합의 모델	통합의 방식	단순 합			정교화			단순 합			정교화		
	추론수 준	I	II	I	IV	-	IV	I	II	-	IV	IV	IV
상호작용의 분산화		×			○			△			△		
정보의 독립성		×			○			×			○		
인지적 공동조절		×			○			△			△		
집단지성의 수준		낮음			높음			낮음			중간		

## 제 2 절 집단지성에 영향을 미치는 요인

### 1. 학생의 평소 과학 활동에 대한 자신감, 경험의 차이

#### 가. 사례 1 : 발화 비율 높은 학생(A-S1)

소집단 A의 학생1은 45%의 발화점유율을 보인다. 발화비율이 가장 높은 것 만이 아니라, 토의 과정 내 내 자신감 있는 태도와 언행으로 일관하며, 모델링 과정을 주도하였다.

**표 20.** 소집단 A의 학생별 발화 점유율

학생	발화점유율
S1	45%
S2	19%
S3	3%
S4	24%
S5	9%

인터뷰 결과 S1은 모델링 과정을 토의를 통한 합의의 과정이 아닌 자신이 다른 학생들을 납득시켜야 하는 상황으로 인식하고 있음이 드러났다.

#### 소집단 A의 학생1(A-S1)의 인터뷰 내용 중

T : 2조에서 한 수업영상을 봤지만 탁영이의 비율이 거의 50프로 가까이 되는데 그건 어떻게 생각해요?

S1 : 왜냐면은 제가 말을 하는 비율이 높았던 이유도 나머지 세 명을 다 납득을 시켜야 되는 상황이고, 다른 애들의 주장을 들어보고 제가 좀 나

중에 한 걸로 기억하는데 들어보니까 어..솔직히 말해서 그렇게 조금 용납할 수 있는 의견이 나오진 않았어요.

같은 소집단의 다른 학생들을 인터뷰한 결과 학생1은 ‘말을 잘하는 학생’으로 인식되고 있었다. 또한 학생1은 평소 생각과 행동으로 형성된 과학에 대한 높은 자아개념이 소집단 모델링에서도 지배적인 역할을 하도록 이끌었다고 볼 수 있다. 하지만 학생1의 개인 모델에는 몇 가지 과학적 오류가 포함되어있다. 그럼에도 학생1의 강한 주장으로 다른 학생들은 반박을 제안할 수 없었고, 결과적으로 소집단 A의 통합 모델은 학생1의 개인모델에서 비롯된 오류를 포함하게 되었다.

## 나. 사례 2 : 발화 비율 낮은 학생(B-S2)

소집단 B의 학생2는 5%의 발화 점유율을 보이는 학생이다.

**표 21.** 소집단 B의 학생별 발화 점유율

학생	발화점유율
S1	18%
S2	5%
S3	27%
S4	16%
S5	34%

비디오 분석 결과 학생2는 개인 모델을 구성하는 시간에도 다른 학생들에 비해 집중하지 못하는 모습을 보였다. 또한 개인 모델을 제안할 때도 자신 없는 표정과 말투로 임하였다. 개인 모델을 설명하는 순서 이후로는 거의 토의에 참여하지 않았다.

## 소집단 B의 학생2(B-S2)의 인터뷰 내용 중

T : 수업 동영상을 다 봤는데 그날 수업에서 예진이가 말을 별로 안했어요.  
평소에도 그런가요?

S2 : 응 아니요 근데. 제가 되게 과학이나 이런거에 대해서 잘.. 모르겠고..  
음.. 그런게 있어서 말을 못한거 같아요..

T : 아.. 자신감이 ?

S2 : 네 그런것도 있고..

T : 그래도 지구과학 방과 후 수업을 스스로 신청한거 같아요.

S2 : 그니까 제가 원래는 과학이나 수학 이런거를 정말 진짜 안좋아해서  
생기부나 그런데서도 되게 국어나 영어, 문과적인 쪽만 해가지고,, 이과적  
인 그런걸 길러야한다고 해서 한번 도전해보자 라는 심정으로 한거여가지  
고..

(중략)

T : 아 잘 모르겠었어요? 그러면은 다른 과목 모두 수업 할때는 다른 모  
습도 있겠네요?

S2 : 국어나 뭐 이런 문과적인 데서는 그래도 제 생각을 표현을 하는데  
과학이나 이런거는 제 생각과는 상관이 없잖아요. 자료에 근거해서 말하는  
거니까. 근데 그게 이해가 안가고 그럼 할 수가 없으니까.

인터뷰에서도 학생2는 평소 과학 관련 활동에 대해 자신이 없었음을  
드러냈다. 과학에 대해 자신감이 없고, 자신이 잘 모른다는 막연한 생각  
으로 토의에 거의 참여하지 못하였다. 결과적으로 학생2가 제안한 개인  
모델은 과학적으로 오류가 없었음에도 소집단의 합의 모델에 반영되지  
않았다.

## 2. 소집단 수업에 대한 선호와 익숙함의 차이

### 가. 사례 1 : 발화 비율 낮은 학생(C-S3)

소집단 C의 학생3은 2%의 발화 점유율을 보인다. 개인 모델을 공유하는 순서가 지나간 후에는 거의 토의에 참여하지 않았다. 학생3의 사후 인터뷰를 통해, 평소 소집단 중심의 수업에 대해 긍정적인 인식을 가지고 있지 않으며, 많은 대화가 오고가는 토의 활동에 대해 불편함을 느끼고 있었다는 것을 알 수 있었다. 소집단의 모델링 수행에서 두각을 나타내지 못했으며, 가장 낮은 비율의 발화를 점유하게 되었다.

#### 소집단 C의 학생3(C-S3)의 인터뷰 내용 중

T : 평소에 조별 수업이 익숙한가요?

S3 : 딱히 좋아하진 않아요.

T : 왜 좋아하지 않아요?

S3 : 왜냐면. 뭔가...복잡하게 돼서?

T : 어떤 점에서 복잡해요?

S3 : 애들이랑 이것저것 나눠야 되는거랑.

T : 4명이 있었잖아요. 대화의 비율이 수빈 학생이 가장 적었어요. 그런 이유가?

S3 : 평소에도 말을 잘 안하는 편이고, 뭔가 갑자기 섞이기가 힘들어요.



## 나. 사례 2 : 발화 비율 높은 학생(소집단 C-S4)

학생4은 31%의 발화 점유율을 보인다. 소집단C의 인지적 공동조절에 해당하는 발언은 거의 학생3에게서 나타났다. 학생4는 평소에 개별 활동 보다는 모둠활동을 선호하며, 동아리 활동 등 다양한 모둠활동에 익숙한 학생이었다.

### 소집단 C의 학생4(C-S4)의 인터뷰 내용 중

T : 평소 모둠 수업이 많이 익숙한 편이에요?

S4 : 네 저는 중학교 때부터 개별보다는 모둠활동을 좋아했어요. 같이 하는 거 동아리 활동, 그런 활동적인 거를 좋아했어요 .

T : 이거의 장점과 단점은 뭘까요?

S4 : 일단은 장점은 각자 가지고 있는 지식도 다르고 그런데 제가 알고 있는게 틀린 내용일 수도 있잖아요. 그런데 여러 명의 친구가 과학 이라는 이렇게 하나의 원리 지식을 기반으로 한 내용에 대해서 틀린 건 틀리다 아닌건 아니다 이게 이걸로 연결될 수 있다 그런 실마리를 던져주는 거 같아서 생각이 되게 사고의 폭이 조금씩 넓어 질 수 있었던 거 같아요. 단점은 그때 수업시간에도 했는데 내용이 대상이 고등학생인데 이게 아마 좀 더 저희보다 좀더 어리면 조금 더 잘되지 않을까. 이게 이걸로 이렇게 생각을 해보고 추론도 해보고 여러 생각을 해볼 수 있는 그런 활동인거 같은데 저희는 이거 교과서에 나와 있는게 학생들은 딱 수능이 있고 시험이 있고, 교과서에 있는 건 맞다 이렇게 무조건 암기하고 머릿속에 박혀 있잖아요. 그런게 바뀔 수도 있다 그렇게 생각을 하지 않고. 하다보니까 그런 교육을 하기 전인 중학생이나 초등학생이 비슷한 수업을 하는게 더 좋을 거 같다고 생각을 했어요.

학생4는 모둠활동의 장점에 대해 자신의 확고한 생각을 가지고 있었다. 과거의 모둠활동을 통해 자신의 사고의 폭이 넓어진 경험을 하였고, 그것이 모둠활동에 대한 긍정적인 인식을 갖게 하였다.

### 3. 교사의 중재

총 5개의 소집단 중 교사와의 상호작용이 가장 빈번하게 나타난 소집단D의 토론 과정에서 교사의 중재가 상호작용에 긍정적인 영향을 미친 사례가 있었다. 소집단 D의 토의 과정을 살펴보면 교사가 개입하기 전엔 학생1과 학생2가 발화를 대부분 점유하였다. <그림 34>에서 볼 수 있듯이, 교사가 개입한 후 학생1과 학생2의 발화는 줄어들고 다른 학생들의 발화가 조금씩 더 증가하였다.

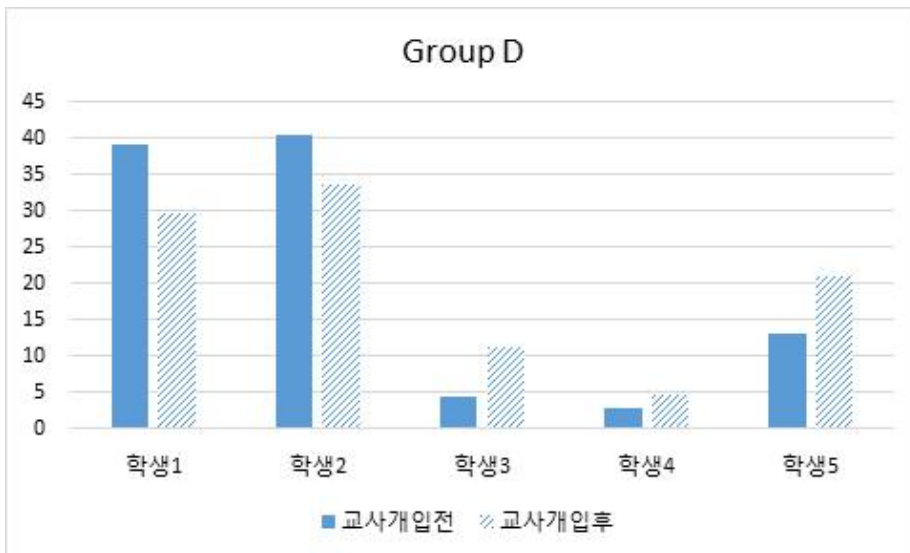


그림 34. 교사의 개입 전, 후 학생별 발화 횟수

교사가 개입한 시점의 대화내용은 다음과 같다.

### 교사의 중재 사례(소집단 D)

#66 S5 : 빨리 베껴야 겠다.

#67 S2 : 진짜네 빨리해 빨리

#68 S5 : 야 네가 한게 답이야 내가 볼땐.

#69 S2 : 참트루?

#70 S5 : 어.

(중략)

#72 T : 각자 의견 공유 했어?

#73 다같이 : 네

#74 T : 어? 언제?

#75 다같이 : 지금. 방금요.

#76 S5 : 사진도 찍었어요.

#77 S2 : 언제 했어? 언제 했어?

#78 T : 그러면.. 개인모델 다 얘기 안한거 같은데?

#83 T : 문환이 해야지.

위의 사례와 같이 토의 과정에서 별다른 장치가 없을 경우 학생들은 치우친 한쪽으로 상호작용을 하거나 결과를 도출하는 것에만 초점을 맞춰 구성원의 다양한 의견을 수렴하는 것을 등한시 하게 될 가능성이 있다. 이때 교사의 적절한 개입은 소집단의 상호작용을 분산화 하는데 도움을 줄 수 있다.

## 제 5 장 결론 및 제언

### 제 1 절 결론

소집단의 모델링 수행에서의 집단지성의 양상을 분석하여 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다. 첫째, 개인 모델의 다양성은 소집단의 통합 모델이 발전할 수 있는 가능성을 증가시킨다. 다양한 개인 모델의 존재는 통합 모델을 구성하는데 사용할 수 있는 인지적 자원이 풍부함을 의미한다. 특히 ‘기후변화 모델’은 언어적-이론 모델로서 다양한 데이터에서 비롯된 유효한 추론들이 모델을 구성한다. 현상과 데이터에 대해 다양한 아이디어를 가질수록 소집단 모델의 유효한 추론의 수를 증가시켜, 기후변화의 다양한 요인과 인과관계를 고려한 모델로 정교화 될 수 있는 가능성을 높일 수 있다. 둘째, 발화의 분산화는 개인 모델이 합의 모델로 통합되어 가는 과정에 긍정적인 영향을 미친다. 분산화가 잘 일어나고 학생들이 활발한 언어적인 상호작용을 할 수 있는 사회적인 맥락을 조성해 주어야 한다. 발화의 분산화는 상호작용의 중심이 특정한 개인에게 치우쳐 개인모델의 중요한 정보가 누락되지 않도록 하며, 결과적으로 구성원 모두가 소집단 모델에 기여하도록 만든다. 소집단 중심의 수업에서는 한 그룹 안에서 학생들의 상호작용영역이 여럿으로 나누어지기 쉽다 (강은희 등, 2012)는 소집단 모델링과 관련된 선행 연구에서와 같이 소집단의 크기도 상호작용의 분산화에 중요한 요인임을 알 수 있다. 각 소집단별 상호작용의 구조를 분석한 결과 모델링 수업에서 구성원 모두에게 골고루 분산화된 상호작용이 일어나기 위한 소집단의 크기는 2-3명이라는 결론을 얻을 수 있었다. 셋째, 구체적 반론은 개인 모델의 독립성을 침해하지 않으면서, 소집단 모델을 발달시키는데 기여한다. 개인 모델간의 충돌은 소집단 모델링 과정에서 필연적인 과정이며, 사회적 구성을 통해 모델을 발전시키기 위해서 필수적인 과정이다. 하지만, 충돌로 인해

개인의 독립성이 침해되기 쉽다. 이때, 개인의 독립성을 무차별적으로 침해하지 않는 발전적인 상호작용이 이루어지기 위해서는 상대방의 의견에 대해 단순 반론을 제기하기보다 구체적 반론을 제기하여 ‘토론의 맥락’으로 이끄는 것이 중요하다. 구체적 반론을 주로 사용하고, 타인의 독립성을 해치지 않으면서 토론의 맥락을 유지한 소집단의 경우 합의 모델의 추론 수준이 우수하게 나타났다. 이 사례를 통해 개인의 독립성이 유지되는 상호작용은 모델링 과정에 긍정적인 역할을 한다는 것을 알 수 있었다. 넷째, 절차계획과 같은 메타인지적인 공동조절은 제한된 시간에 이루어지는 소집단 모델링 과정을 효과적으로 이루어지도록 돕는다. 절차계획은 한 가지 논의에 매몰되지 않고 다음 단계의 논의로 나아갈 수 있는 시작점을 제공한다. 학생들이 한 가지 논의에 집중해 모델링에 소요하는 시간을 소비한 경우, 소집단 구성원들의 다양한 의견을 공유할 수 있는 충분한 시간을 갖지 못하게 되기도 하며, 통합된 의견을 구성하는데에 필요한 시간이 부족하여 미완성된 모델을 구성하기도 한다. 이때, 메타인지를 발휘하여 과제에 착수하게 되면 모델링 과정이 탄력적으로 일어나게 된다.

이를 종합해 볼 때, 소집단의 모델링 수행에서 다양성, 분산화, 독립성, 공동조절과 같은 집단지성의 조건이 충족된 경우 모델링 수행이 초기 모델을 정교화 하는 방향으로 일어나 합의 모델이 개인의 합보다 나은 수준으로 발전한다는 것을 알 수 있다. 교사와 학생 모두 소집단의 모델링 수행에서 집단지성의 조건들이 잘 충족되도록 다양한 전략을 시도한다면 교육적으로 더욱 유의미한 모델링 수업이 될 것이다.

소집단의 모델링 수행에서 집단지성의 발휘에 영향을 미치는 요인들은 다음과 같다. 첫째, 학생의 평소과학에 대한 자신감이 상호작용에 영향을 미친다. 평소 과학에 대한 자신감이 높은 학생일수록 모델링 활동에 적극적으로 참여하여, 통합 모델 구성에 주도적인 역할을 하였다. 반대로, 평소 과학에 대한 자신감이 낮은 학생은 발화의 점유율이 낮았으며, 소집단의 모델링 수행에 거의 기여하지 않았다. 둘째, 소집단 중심의 수업

에 대한 익숙함과 선호의 차이는 소집단의 모델링 수행에 영향을 준다. 평소 소집단 중심 수업을 선호하고 익숙한 학생의 경우, 메타인지를 발휘하여 주어진 과제를 단계별로 수행해 나가는 반면, 그렇지 않은 학생은 발화 횟수도 매우 적었으며, 생각을 교환하고 토의하는 과정을 불편하게 느끼고 있었다. 결과적으로, 소집단의 합의 모델에도 거의 기여하지 못했다. 셋째, 교사의 적절한 개입은 상호작용을 분산화 하는데에 긍정적인 역할을 한다. 소집단의 모델링 수행은 제한된 시간 안에 이루어지므로, 자칫 한 두 사람에게 집중될 수 있는 상호작용을 원활히 이루어지도록 돕는 토의과정 내의 조치 또는 교사의 개입이 필요함을 알 수 있었다. 소집단 D의 사례와 같이 교사의 개입 전 후로 발화의 점유율이 변화하기도 하며, 교사가 제시하는 적절한 질문과 답변은 보다 심도 있는 모델링이 이루어지는데 도움을 주기 때문이다.

요약하자면, 소집단의 모델링 수행에서 진정한 협력과 지혜의 결집을 통해 집단지성이 발휘되기 위해서는 집단지성조건이 충족되는 것 만큼이나 학생 개인의 특성과 교사의 중재가 중요하다는 것이다.

## 제 2 절 제언

본 연구의 제한점을 바탕으로 한 후속연구에 대한 제언은 다음과 같다. 첫째, 소집단 모델링에서 집단지성이 잘 발휘되기 위해서는 발언 기회가 분산화 되고, 독립성이 침해되지 않는 상호작용이 중요하므로 학생들의 발언의 기회가 동등하게 주어지고, 발언이 묵살되지 않도록 하는 장치가 필요하다. 둘째, 소집단의 구성원이 4-5명인 경우 모델링에 거의 참여하지 못하는 학생들이 최소 1명이상 생기게 된다. 모델링 수행이 제한된 시간 안에 일어나기 때문에, 모든 학생들이 자신의 발언의 기회를 모든 구성원간의 원활한 상호작용을 위해 소집단의 크기를 2-3명으로 더 작게 만들 필요가 있다. 이것을 확인하기 위해 구성원의 수를 달리하여 모델링 수업을 진행하는 후속 연구가 필요하다. 셋째, 모델링 과정에서 상호작용에 영향을 미치는 요인(과학문화자본 등)에 대해 교사가 인지하고 학생들을 파악하여 소집단 구성에 반영할 필요가 있다.

본 연구는 사례 연구의 특성을 띄며, 다양한 변인을 고려하여 통제하지 않았다. 이러한 연구의 미비함을 보완하기 위한 후속연구를 제안하고자 한다. 첫째, 남학생으로 구성된 소집단 A, 여학생으로 구성된 소집단 B와 같이 성별 구성의 차이가 상호작용의 차이를 가져왔을 가능성이 존재한다. 실제로 소집단의 상호작용에 성별의 구성이 영향을 준다는 선행연구(김선자 등, 2007)가 있다. 그러므로 후속 연구에서는 단일성별 집단과 혼합성별 집단으로 나누어 성별 소집단 별 집단지성의 양상을 살펴볼 필요가 있다. 둘째, 교수-학습장면에서의 상호작용 연구들은 대부분 학생간의 상호작용에 초점을 맞추어 왔다. 그러므로 추후 연구에서는 학생들의 상호작용 촉진자(facilitator)로서 교사의 역할을 구체적으로 규명할 필요가 있다.

## 참 고 문 헌

- 장은희, 김찬중, 최승언, 유준희, 박현주, 이신영, & 김희백. (2012). 심장 혈액 흐름의 모형 구성 과정에서 나타난 소집단 상호작용과 소집단 규범. *한국과학교육학회지*, 32(2), 372-387.
- 곽영순. (2009). *질적 연구 : 철학과 예술 그리고 교육*. 파주 : 교육과학사.
- 김길모, & 김성식. (2011). 집단지성을 활용한 문제중심학습 기반 프로그램 래밍 수업 모형 개발. *한국컴퓨터교육학회지*, 14(2), 23-32.
- 김명희, & 김영신. (2015). 과학 탐구 활동에서 나타나는 과학영재들의 언어적 상호작용 유형 분석. *한국과학교육학회지*, 35(2), 333-342.
- 김민석. (2013). *중학생 소집단의 과학적 모형의 사회적 구성 과정 이해: 상황 정의와 상호주관성을 중심으로*. 서울대학교 석사학위논문.
- 김선자, 김기한, 박종석, & 박종욱. (2007). 성별 소집단 구성에 따른 상호작용 사례 연구. *한국과학교육학회지*, 27(7), 559-569.
- 김유진. (2015). *중학생 소집단의 과학적 모형의 사회적 구성수업에서 제약조건들의 양상과 영향*. 서울대학교 석사학위논문.
- 박지영, & 김희백. (2012). 사회 속 과학 쟁점에 대한 소집단 논변 상호작용 분석을 위한 방법론 고찰. *한국과학교육학회지*, 32(4), 604-624.
- 박희경. (2015). *과학적 모형 기반 수업을 통한 과학 영재 학생들의 모형 구성 능력 변화*. 서울대학교 석사학위논문.
- 송윤희. (2016). 집단지성 측정도구 개발 및 타당화. *교과교육학연구*, 20(5), 395-406.
- 양미경. (2011). 집단지성의 구현을 위한 협력학습의 원리 탐색. *교육방법연구*, 23(2), 457-483.



- 유희원, 최승언, & 김찬중. (2012). 과학적 모형 구성 수업에서 나타나는 학생들의 상호작용에 영향을 미치는 개인 내적, 관계적 요인 분석. *한국과학교육학회 제 61 차 동계학술대회 논문집*, 97.
- 윤병일. (2017). 중학생들의 3차원 외적 표상을 도입한 소집단 모델링 과정 이해: 달의 위상 변화를 중심으로. 서울대학교 석사학위논문.
- 이신영, 김찬중, 최승언, 유준희, 박현주, 강은희, & 김희백. (2012). 소집단 상호작용에 따른 심장 내 혈액 흐름에 대한 소집단 모델 발달 유형과 추론 과정 탐색. *한국과학교육학회지*, 32(5), 805-822.
- 이유나, 이상수. (2009). 집단지성의 교육적 적용을 위한 개념모형과 설계 원리. *교육공학연구*, 25(4), 213.
- 이현영, 장상실, 성숙경, 강성주, 최병순. (2002). 사회적 상호작용을 강조한 과학 탐구실험 과정에서 학생-학생 상호작용 양상 분석. *한국과학교육학회지*, 22(3), 660-670.
- 이현주, 최윤희, 고연주. (2014). 집단지성 원리를 적용한 과학관련 사회·윤리적 쟁점 수업 모형의 개발. *한국과학교육학회지*, 34(6), 523.
- 임성은. (2017). 메타모델링을 강조한 모델링 수업이 초등학생들의 메타 모델링 지식 및 모델링 수행에 미치는 영향 탐색. 서울대학교 석사학위논문.
- 전종희. (2012). *공과대학 대학원에서의 집단지성의 속성 및 조건 탐색*. 서울대학교 박사학위논문.
- 정원영, 이주연, 박은지, 김찬중, & 이선경. (2009). 자연사관 관람에서 중학생 소집단의 대화적 탐구에서 나타나는 상호작용 유형. *한국지구과학회지*, 30(7), 909-927.
- 조용환. (1999). *질적 연구 : 방법과 사례 / 조용환 [지음]*. 서울: 서울 : 교육과학사.

- 최운성. (2016). *과학적 모형의 사회적 구성 수업을 적용한 야외지질학습에서 나타나는 조별 모형 구성과정 이해-제약조건을 중심으로 서울 화강암을 기반으로 하는 산의 형성에 관한 설명 모델*. 서울대학교 석사학위논문.
- 함동철. (2012). *천문 단위 모형 구성 수업에서 또래간 상호작용에 의한 중학생의 모형 변화 과정*. 서울대학교 석사학위논문.
- 홍남기(2013). 듀이의 “사회적 지성” 개념의 교육적 함의. *교육철학연구*, 35(1), 141.
- Bamberger, Y. M., & Davis, E. A. (2013). Middle-school science students’ scientific modelling performances across content areas and within a learning progression. *International Journal of Science Education*, 35(2), 213-238.
- Bingham, T. (2011). *소셜러닝 : 집단지성을 깨우는 새로운 패러다임*(이찬 역). 서울 : credu.
- Strauss, A., & Corbin, J. (1994). Grounded theory methodology. *Handbook of qualitative research*, 17, 273-285.
- Clement, J. (1989). Learning via model construction and criticism. In *Handbook of creativity* (pp. 341-381). Boston, MA : Springer
- Council, N. R. (1996). *National science education standards*: National Academies Press.
- Craik, K. J. W. (1967). *The nature of explanation*(2nd ed.). Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Dewey, J. (1916). *(존 듀이) 민주주의와 교육 : 교육철학 개론*(이홍우 역·주석). 서울 : 교육과학사.

- DiDonato, N. C. (2013). Effective Self- and Co-Regulation in Collaborative Learning Groups: An Analysis of How Students Regulate Problem Solving of Authentic Interdisciplinary Tasks. *Instructional Science: An International Journal of the Learning Sciences*, 41(1), 25-47.
- Duschl, R., & Grandy, R. (2008). Teaching Scientific Inquiry. *Rotterdam, The Netherlands: Sense Publishers*.
- Kelly G. J, Regev J, & Prothero W(2007) Analysis of Lines of Reasoning in Written Argumentation. In Erduran, S., & Jiménez-Aleixandre, M. P.(Eds). *Argumentation in science education. Perspectives from classroom-Based Research*(pp. 137-157) Dordrecht: Springer.
- Giere, R. N. (2006). *Scientific perspectivism*. Chicago London : University of Chicago Press.
- Giere, R. N. (2010). *Explaining science: A cognitive approach*. University of Chicago Press.
- Gilbert, J. K. (2004). Models and Modelling: Routes to More Authentic Science Education. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 32(2), 115-130.
- Gilbert, J. K., & Justi, R. (2016). *Modelling-based teaching in science education*. Springer.
- Gilbert, S. W. (2003). *Understanding models in Earth and space science / Steven W. Gilbert, Shirley Watt Ireton*. Arlington, Va.: Arlington, Va. : NSTA Press.

- Gobert, J. D., & Buckley, B. C. (2000). Introduction to model-based teaching and learning in science education. *International Journal of Science Education*, 22(9), 891-894.
- Hartmann, S. (2008). Modeling in philosophy of science. *Representation, evidence, and justification: Themes from Suppes, I*, 95-121.
- Hestenes, D. (2006). *Notes for a modeling theory*. Paper presented at the Proceedings of the 2006 GIREP conference: Modeling in physics and physics education.
- Hodson, D. (1992). In search of a meaningful relationship: an exploration of some issues relating to integration in science and science education. *International Journal of Science Education*, 14(5), 541-562.
- Hogan, K. (1999). Sociocognitive roles in science group discourse. *International Journal of Science Education*, 21(8), 855-882.
- Johnson-Laird, P. N. (1983). *Mental models: Towards a cognitive science of language, inference, and consciousness*. Harvard University Press.
- Justi, R. S., & Gilbert, J. K. (2002). Modelling, teachers' views on the nature of modelling, and implications for the education of modellers. *International Journal of Science Education*, 24(4), 369-387.
- Justi, R. S., & Gilbert, J. K. (2002b). Science teachers' knowledge about and attitudes towards the use of models and modelling in learning science. *International Journal of Science Education*,

24(12), 1273-1292.

Knuuttila, T. (2005). Models as epistemic artefacts: Toward a non-representationalist account of scientific representation.

Leadbeater, C. (2008). *집단지성이란 무엇인가*(이순희 역). 파주 : 21세기 북스.

Lévy, P. (1994). *집단지성 : 사이버공간의 인류학을 위하여*(권수경 역). 서울 : 문학과지성사.

Nersessian, N. J. (1999). Model-based reasoning in conceptual change. In L. Magnani, N. J. Nersessian, & P. Thagard(Eds.), *Model-based reasoning in scientific discovery* (pp. 5-22). New York, NY: Kluwer and Plenum.

Nersessian, N. J. (2002). The cognitive basis of model-based reasoning in science. In P. Carruthers, S. Stich, & M. Siegal(Eds.), *The cognitive basis of science* (pp. 133-153). Cambridge, MA:Cambridge University Press.

Nersessian, N. J. (2008). Creating scientific concepts. Cambridge, MA: MIT Press.

Palincsar, A. S. (1998). Social constructivist perspectives on teaching and learning. *Annual review of psychology*, 49(1), 345-375.

Pluta, W. J., Chinn, C. A., & Duncan, R. G. (2011). Learners' Epistemic Criteria for Good Scientific Models. *Journal of Research in Science Teaching*, 48(5), 486-511.

Radinsky, J., Oliva, S., & Alamar, K. (2010). Camila, the earth, and the sun: Constructing an idea as shared intellectual property.

- Journal of Research in Science Teaching*, 47(6), 619-642.
- Rea-Ramirez, M. A., Clement, J., & Núñez-Oviedo, M. C. (2008). An instructional model derived from model construction and criticism theory. In Clement J. J, editor, Mary Anne Rea-Ramirez M. A(eds), *Model based learning and instruction in science*, (pp. 23-43). New York : Springer.
- Schwarz, C. V., & White, B. Y. (2005). Metamodeling Knowledge: Developing Students' Understanding of Scientific Modeling. *Cognition and Instruction*, 23(2), 165-205.
- Schwarz, C. V., Reiser, B. J., Davis, E. A., Kenyon, L., Achér, A., Fortus, D., . . . Krajcik, J. (2009). Developing a learning progression for scientific modeling: Making scientific modeling accessible and meaningful for learners. *Journal of Research in Science Teaching*, 46(6), 632-654.
- States, N. L. (2013). *Next generation science standards : for states, by states / NGSS Lead States*. Washington, D.C.: Washington, D.C. : National Academies Press.
- Surowiecki, J. (2004). *대중의 지혜 / 제임스 서로위키 지음* (홍대운, 이창근 역). 서울 : 랜덤하우스중앙.
- Wheeler, W. M. (1910). *Ants: their structure, development and behavior* (Vol. 9): Columbia University Press.

## 부록 1. 모델링 활동지

## 지구 기후변화 모델링

## I. 들어가면서

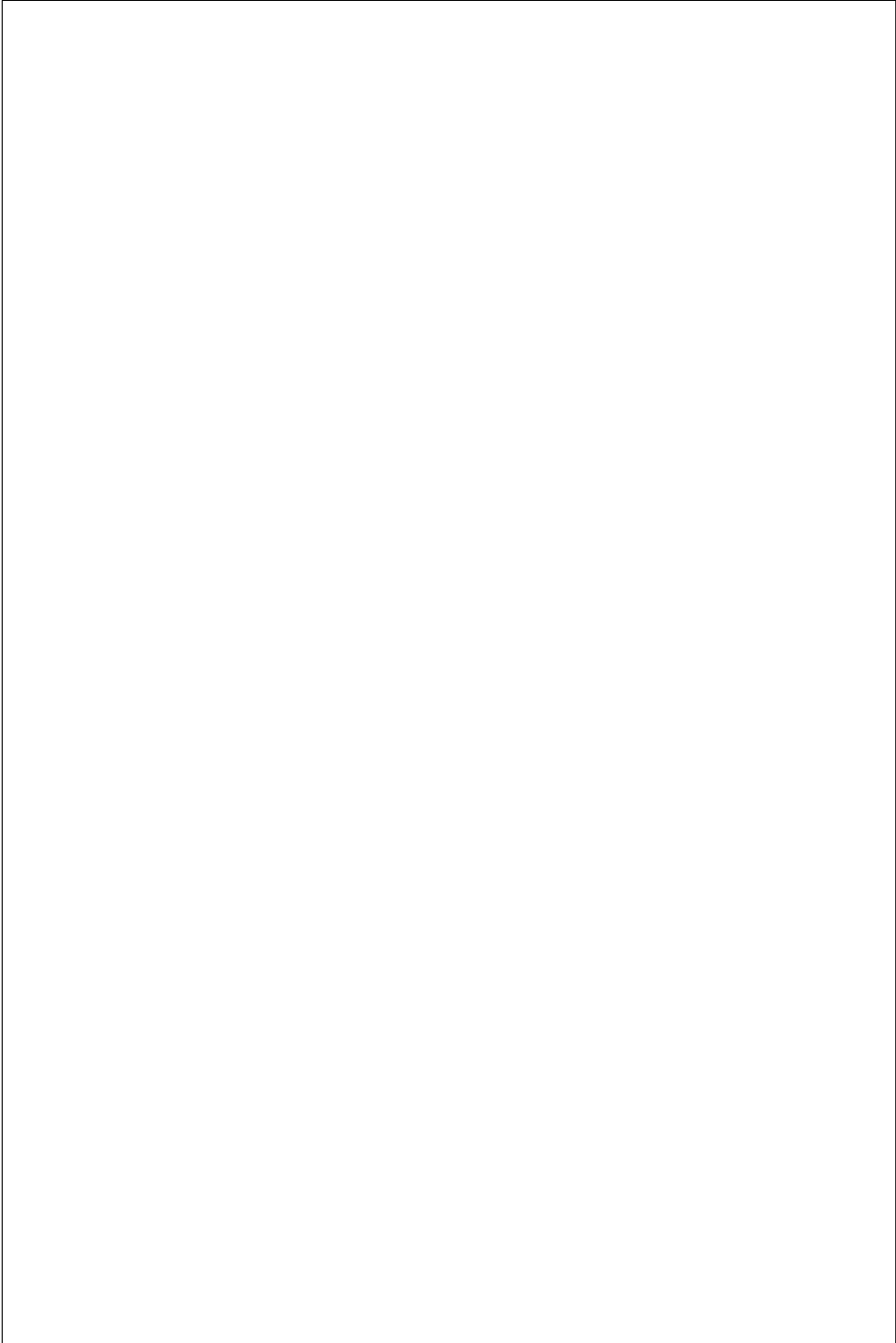
지구 기후는 어떻게 변화하고 있을까? 그리고 그 원인은 무엇일까? 이번 수업에서는 다양한 자료를 해석하고, 스스로 판단하여 지구 기후 변화의 원인을 설명하는 모델을 스스로 구성해보자.

## II. 학습 목표

지구 기후 변화의 원인을 설명하는 모델을 구성하고 설명할 수 있다.

### III. 모델 구성 활동

1. 주어진 자료를 활용하여 지구 기후변화의 원인을 설명하는 개인 모델을 구성해보자. (글, 그림 등을 사용하여 자유롭게 나타내보자.)





This image shows a single sheet of white paper with horizontal blue or grey ruling lines. The lines are evenly spaced and run across the width of the page. There is no text or other markings on the paper.

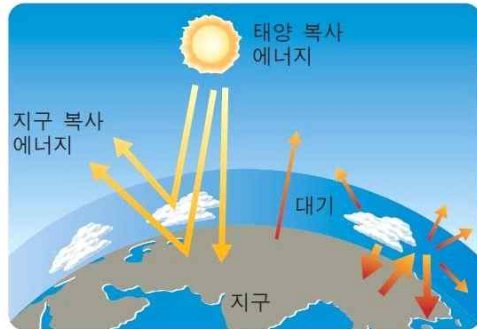
## 부록 2. 기후변화 관련 참고 자료

### 【자료 1】 지구의 복사 평형

※ 지구의 복사평형 : 지구는 태양 복사 에너지를 흡수한 양만큼 지구 복사 에너지를 방출하여 복사 평형 상태에 있다. → 지구의 연평균 기온이 약 15°C로 일정하게 유지된다.



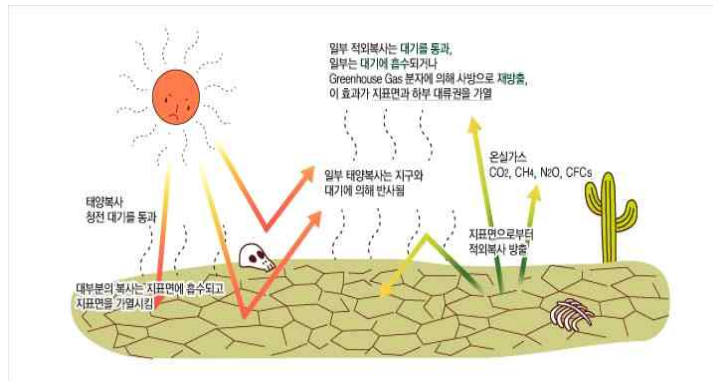
대기가 없을 때 지표로 재복사 과정이 없다.



대기가 있을 때 복사 에너지가 우주로 방출되기까지 대기-지표 간에 재복사 과정을 통해 오래 머무른다.

### 【자료 2】 온실효과의 원리

※ 온실기체와 온실효과 : 대기 중에 있는 여러 가지 온실기체(Greenhouse Gas)는 지구가 방출하는 긴 파장의 빛을 흡수하여 그 에너지를 대기 중에 묶어 두게 된다. 이렇게 대기 중에 들어온 에너지는 기체 분자의 운동량을 증가시켜 대기의 온도가 상승한다. 즉, 현재의 온난화 현상이 있기 이전에도 온실효과는 지구의 대기와 함께 항상 있어 왔던 현상인 것이다. 여기에는 수증기, 이산화탄소, 메탄 같은 온실기체가 관여하고 있다.



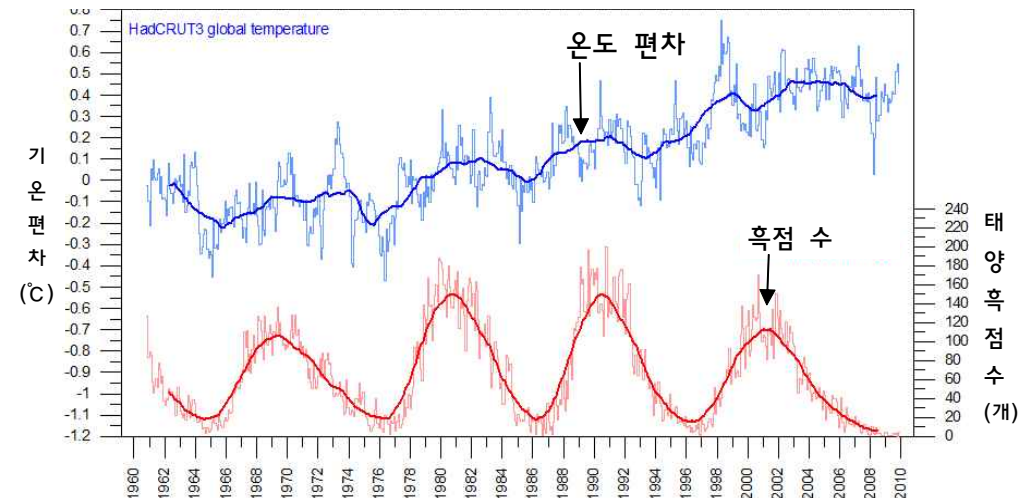
【자료 3】 지질시대 동안의 지구 평균 기온의 변화



【자료 4】 태양의 흑점 수와 온도 편차와의 관계

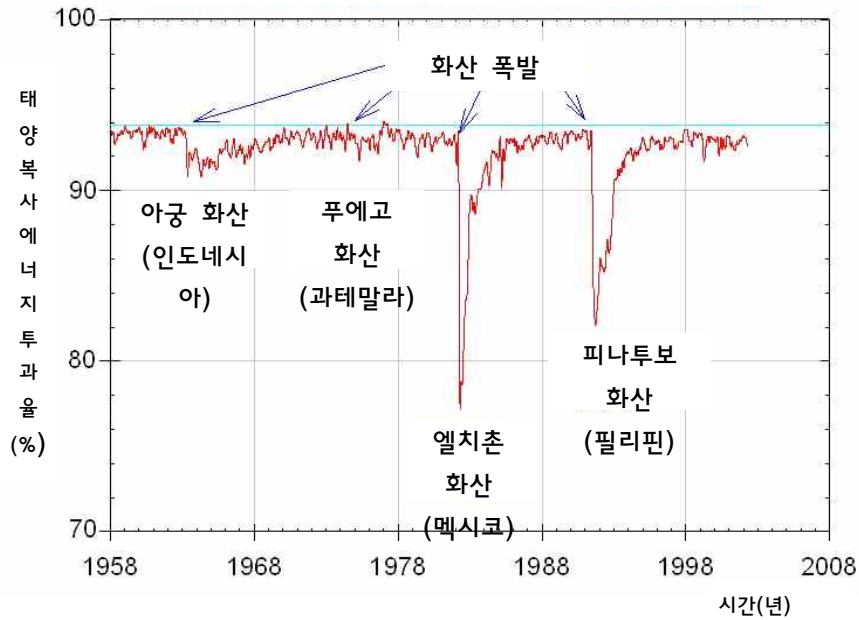
※ 태양의 흑점의 수를 통해 태양 활동의 세기를 추정할 수 있음.

※ 기온편차 : 현재 기온 - 평균 기온

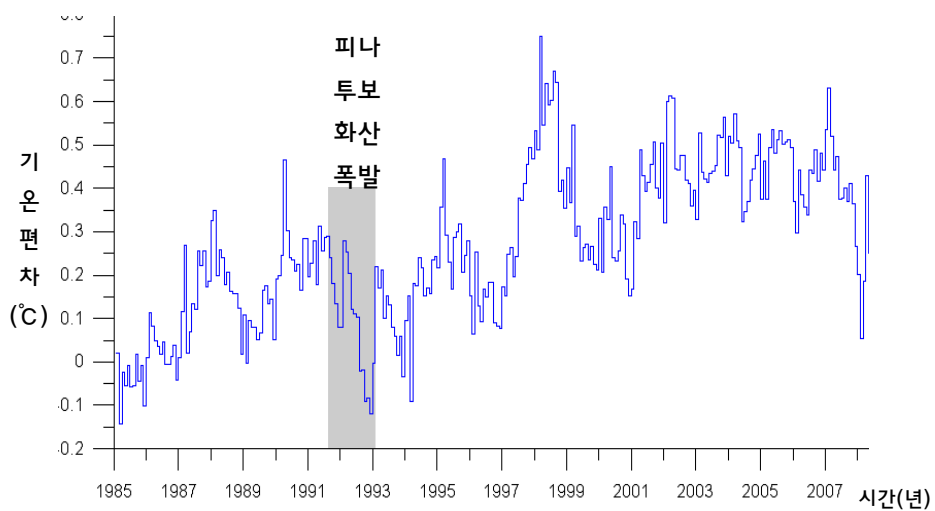


【자료 5】 화산폭발과 지구 대기의 태양 복사에너지 투과율과의 관계

※ 태양복사투과율 : 태양복사에너지가 대기를 통과하여 지표에 도달하는 비율



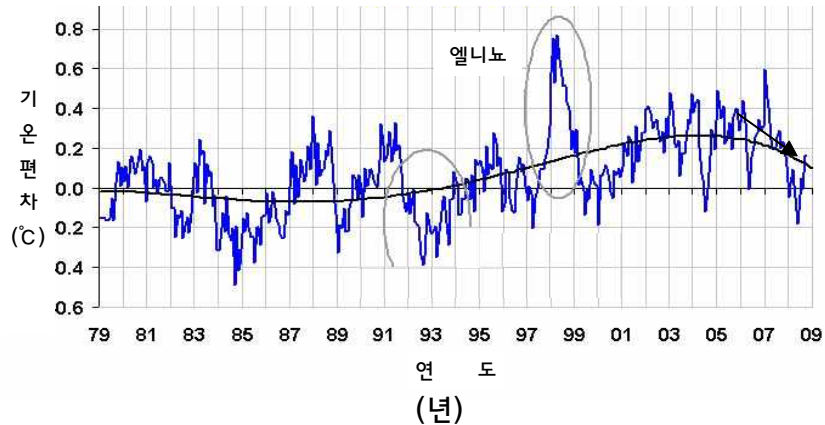
【자료 6】 화산폭발과 기온편차와의 관계



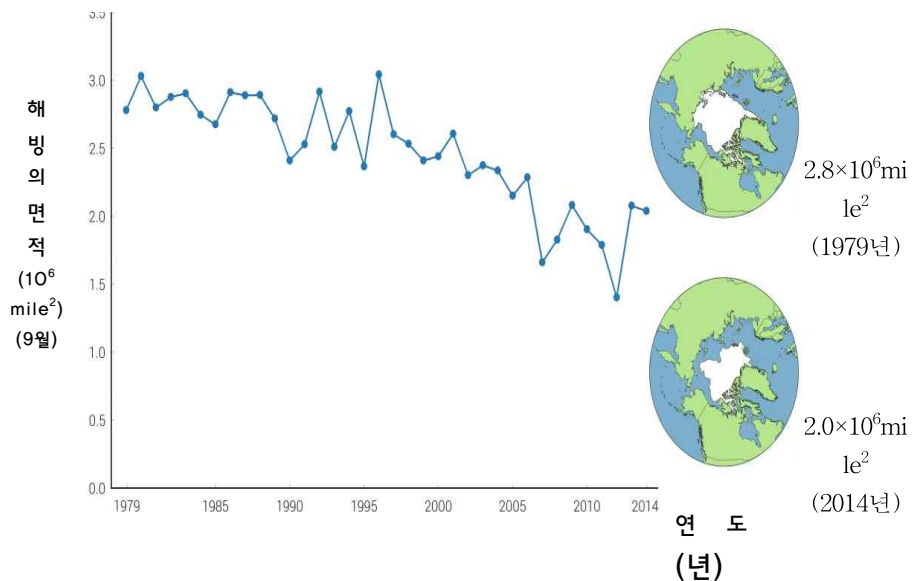
### 【자료 7】 엘니뇨와 기온편차와의 관계

※ 엘니뇨 현상 : 열대 중부 지방의 태평양 해수면 온도가 평소에 비해 섭씨 +0.4도 이상의 차이가 나는 상태로 6개월 이내의 기간 동안 지속되는 현상

※ 바다의 열용량 : 지구 표면의 70%를 차지하는 바다는 대기보다 1000배의 열을 품을 수 있음. 열을 재분배하는 역할.



### 【자료 8】 북극해의 9월 평균 해빙 면적



【자료 9】 지표면 상태에 따른 알베도(반사율)

지표면		알베도
토양	흑색, 습윤	0.05~0.40
사막	밝은색, 건조	0.20~0.45
초지	초장(1.0m)	0.16~
	초장(0.02m)	0.26
농경지		0.18~0.25
과수원		0.15~0.20
활엽수		0.15~0.20
침엽수		0.05~0.15
물	태양고도 높음	0.03~0.10
	태양고도 낮음	0.10~1.10
눈	오래된 눈	0.40~
	신설	0.95
얼음	해빙	0.30~0.45
	빙하	0.20~0.40

【자료 10】 온실 가스 종류와 특성

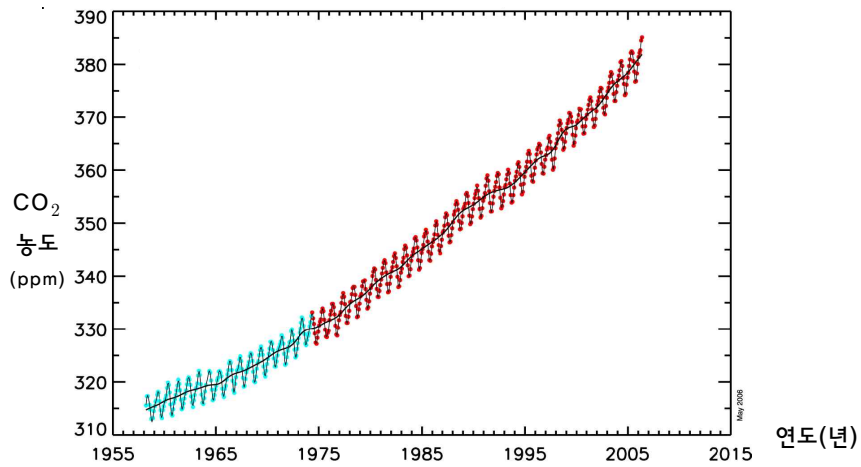
※ ppm(parts per million) : 백만분의 1이라는 뜻으로 용액 1,000,000g 에 들어 있는 용질의 g수(또는 mg/kg)를 나타낸다. ppm값을 10000으로 나누면 % (백분율)로 단위를 변환할 수 있다. 주로 대기나 해수, 지각 등에 존재하는 미량 성분의 농도를 나타낼 때 사용된다.

(예, 대기중의 이산화탄소 농도  $395\text{ppm} = 395/1000000 \times 100 = 0.0395\%$ )

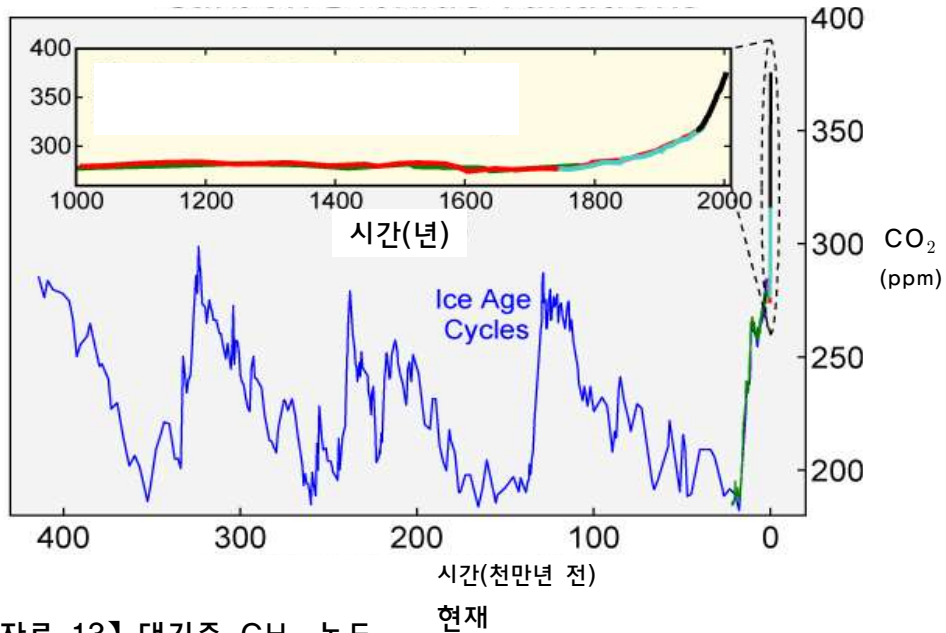
	CO2	CH4	N2O	HFCs, PFCs, SF6
배출원	에너지 사용/ 산업공정	폐기물/ 농업/ 축산	산업공정/ 비료사용	냉매/ 세척용
지구온난화지수 (CO2=1 기준)	1	21	310	1,300~23,900
온난화기여도(%)	55	15	6	24

국내배출량(%)		88.5	4.6	2.8	4.2
대기 중 농도	산업혁명 이전	280ppm	700ppb	288ppb	0
	1990년	353ppm	1,714ppb	311ppb	280ppt(CFC-11)5 03ppt(CFC-12)
	연평균 증가	0.4ppm	0.8ppb	0.25ppb	4ppt

【자료 11】 하와이 마우나로에서 관측한 월평균 대기 중 CO<sub>2</sub>의 농도

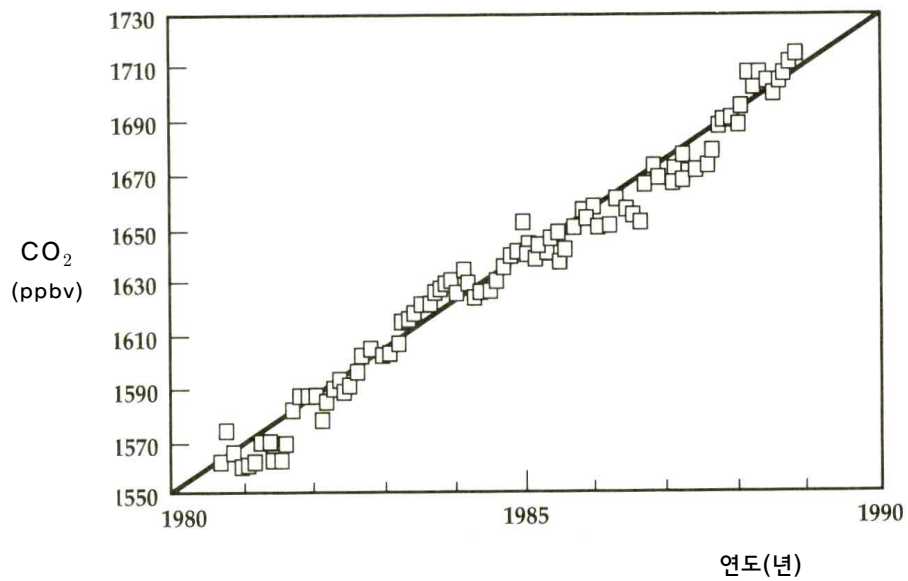


【자료 12】 대기 중 CO<sub>2</sub> 농도



【자료 13】 대기중 CH<sub>4</sub> 농도

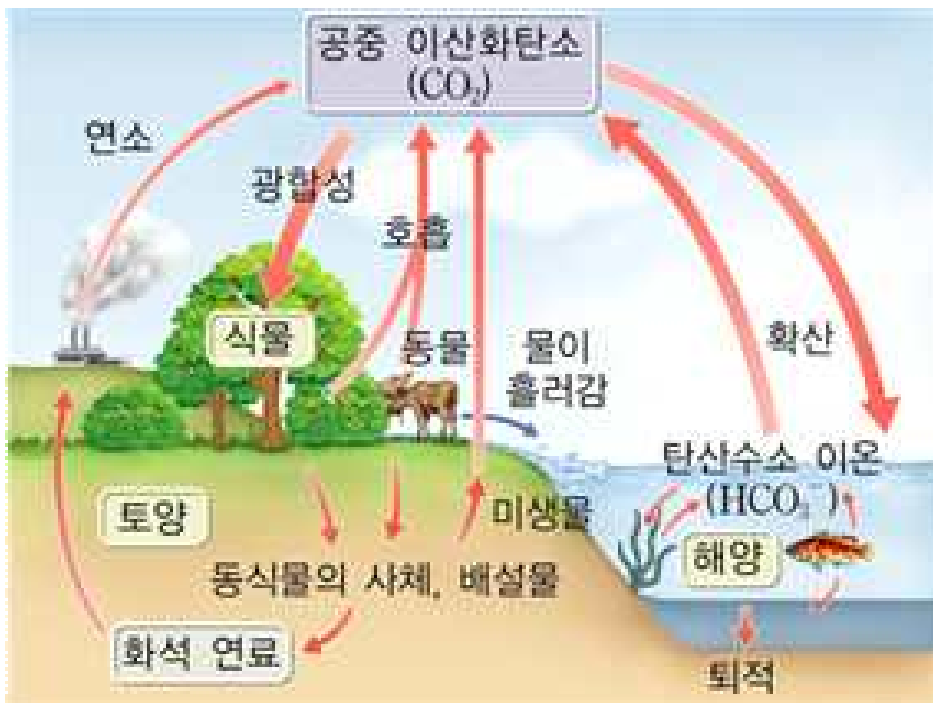
※ ppbv(parts per billion) : 10억분의 1 (부피비)





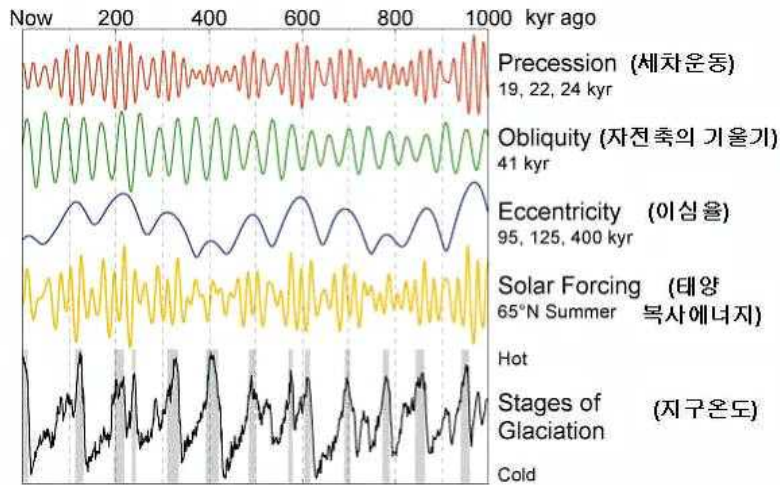
#### 【자료 14】 탄소 순환

※ 탄소 순환 : 탄소가 형태를 바꾸면서 지구계의 각 권 사이를 이동하며 순환하는 것.

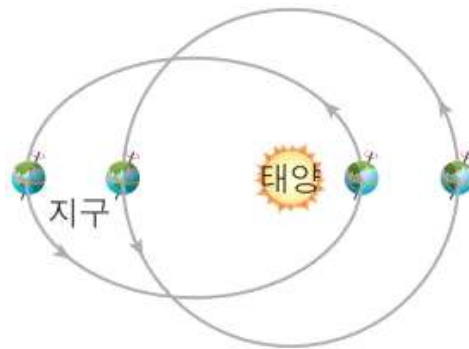


#### 【자료 15】 지구의 운동에 의한 태양복사에너지의 변화와 지구 빙하기 주기와의 관계(by 밀란코비치)

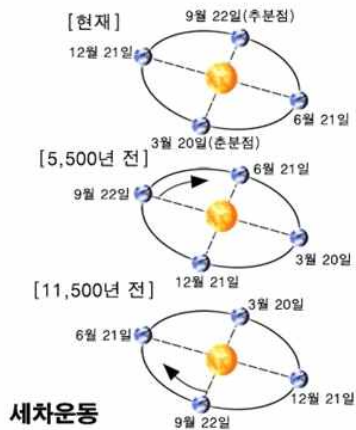
※ 지구가 자전과 공전을 함에 따라 몇 가지 요인들이 지구 기후에 크고 작은 영향을 준다. 밀란코비치는 공전 궤도 이심률과 자전축 경사, 세차운동을 연구해 이러한 변화들이 지구에 도달하는 태양 복사 에너지의 양과 도달위치를 변화시킨다는 사실을 알아냄.



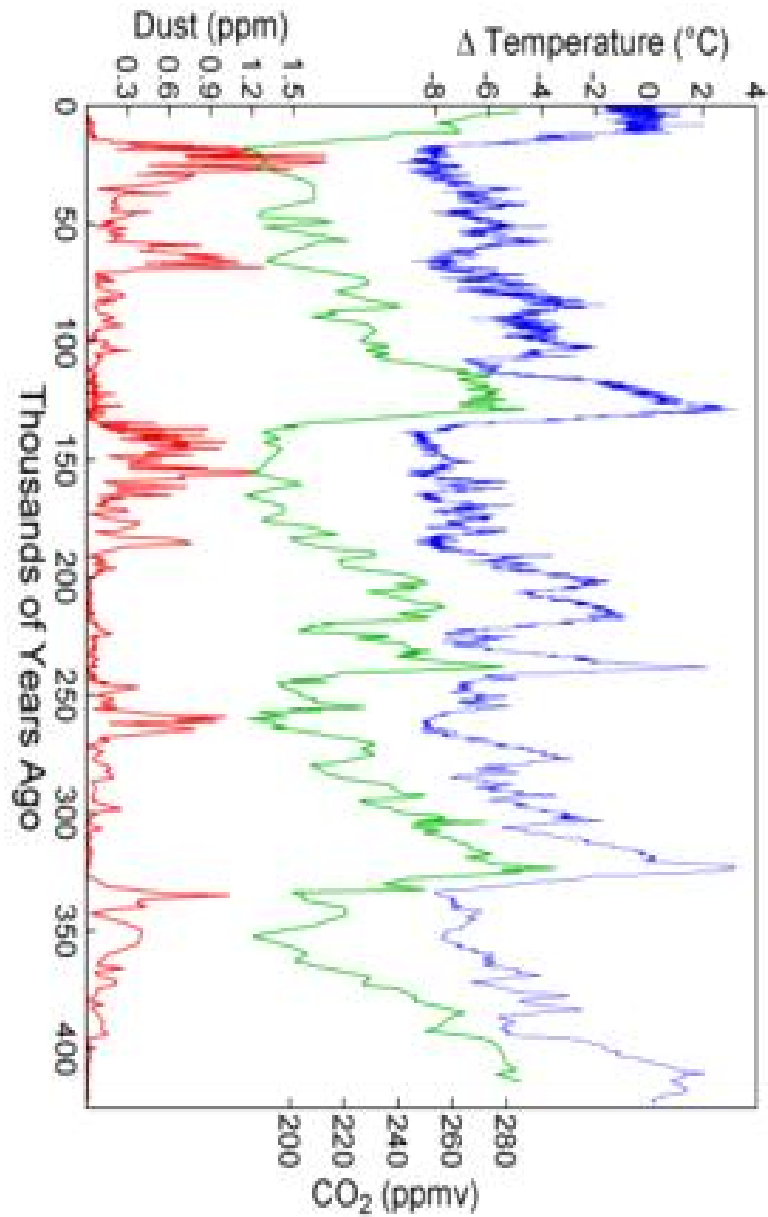
지구 자전축 기울기 변화



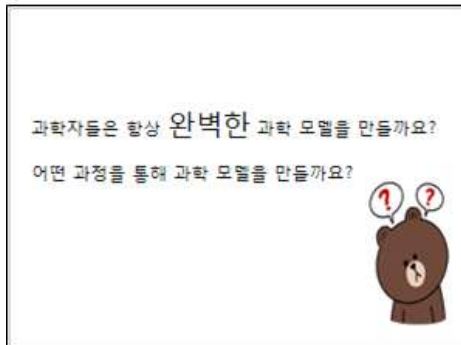
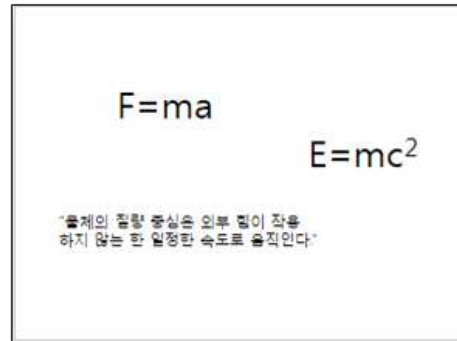
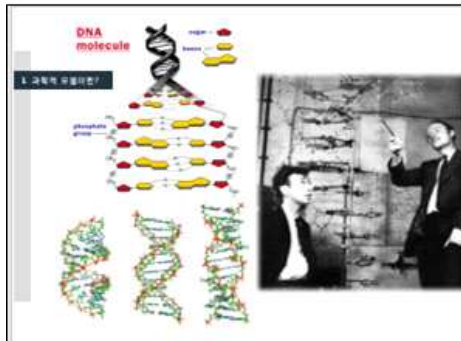
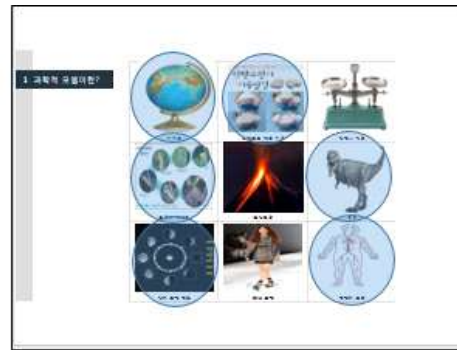
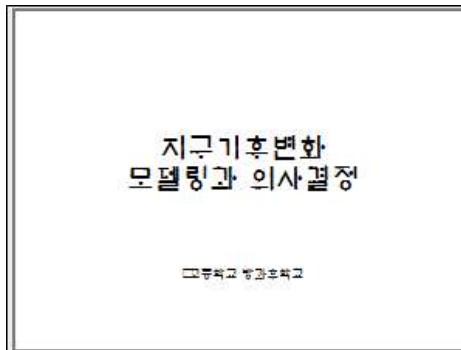
공전궤도 이심율 변화



【자료 16】 이산화탄소(CO<sub>2</sub>), 온도(Temperature), 먼지(Dust)의 45만 년간의 변화 (남극대륙 보스톡의 얼음기둥에서 측정)



### 부록 3. 모델링 수업에 활용된 자료



과학자들이 과학 모델을 만들기 까지...



왜 이런 현상이 일어나는 거지?

© Can Stock Photo - 1041072681

과학자들이 과학 모델을 만들기 까지...



자세히 관찰해 봐야겠군..!

과학자들이 과학 모델을 만들기 까지...



이거야 이거! 유레카!


과학자들이 과학 모델을 만들기 까지...



너는 어떻게 생각하니?

그러나..

과학자들이 과학 모델을 만들기 까지...



1. **우리의 역할**

첫째, 자연을 더욱 잘 이해하도록 실제 **지식을 제공**한다.

둘째, 자연의 현상에 대해 **표현하고 설명하고 예측** 하도록 한다.

셋째, 과학자들 사이의 **소통의 도구**이다.

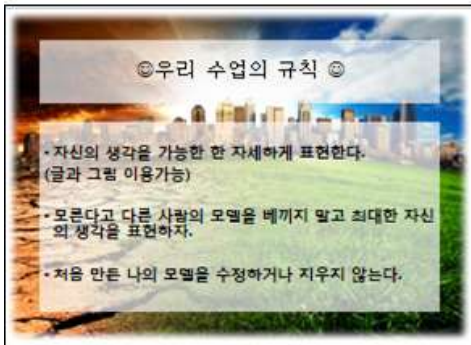
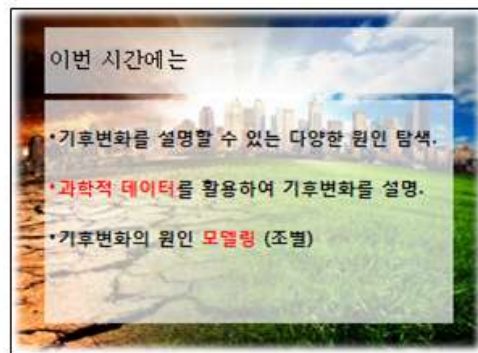
모델은 혼자서 만드는데 충분하요?

YES or NO

과학적 모델을 제가 만들 수 있을까요?

YES





Abstract

# The Aspects of Collective Intelligence in Small Group Modelling Process

Yoon Hee Ha

Department of Science Education

The Graduate School

Seoul National University

The interest of science education has shifted from learning science to learning how to science. The knowledge production process of scientists is increasingly recognized as a social consensus process, not a cognitive process within the individual. Thus, there is an increasing demand for science learning in the social context of sharing and collaborating with peers. In the community of science education, various studies have been carried out on 'Co- construction of a scientific model' reflecting the social context of science learning. It is necessary to discuss in detail how small group modeling lessons should be a productive learning activity in which members exchange

opinions and gather wisdom. Thus, in this study, we aim to explore the necessary conditions for promoting effective interaction among students and demonstrating collective intelligence in small group modeling class.

In this study, the first and second grade students ( $N = 23$ ) of high school in Gyeonggi-do participated in climate change modeling class. The process of modeling the small group was analyzed based on linguistic interaction, and the individual model, which is a resource of modeling, and the consensus model, which is the result of modeling, were analyzed in terms of structure of reasoning.

The results of analysis of collective intelligence in small group modeling class are as follows. First, the diversity of individual models helps small group consensus models develop into more sophisticated models. Second, decentralization of utterance has a positive effect on the process of integrating individual models into consensus models. Third, specific objection contributes to the development of a small group model without violating the independence of the individual model. Fourth, meta-cognition, such as procedural planning, helps to effectively perform a small-group modeling process in a limited time. Fifth, students' self-confidence about science and science-related activities affects interaction. Sixth, the appropriate intervention of the teacher contributes to the decentralization of interaction.

According to the results of this study, it is possible to confirm the importance of collective intelligence in the small group modeling class, as the small group with a good collective



intelligence constructs a consensus model of more than the sum of individuals. In the planning and implementation of small group lessons where communication and cooperation are important, such as the co-constructing of the scientific model, teachers will be able to obtain more educational performance by promoting smooth interaction of students when considering the principles of collective intelligence.

**keywords :** Collective Intelligence, Scientific Model,  
Co-construction of Scientific Model, Small Group Modeling,  
Small Group Interaction  
*Student Number :* 2016-21609